

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**SW pro nácvik centrální rozlišovací schopnosti
u dětí**

SW for Evalution of Visual Acuity and Central Resolution Training
for Children

2016

Michaela Šidiková

Zadání bakalářské práce

Student:

Michaela Šidiková

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3901R039 Biomedicínský technik

Téma:

SW pro hodnocení zrakové ostrosti a nácvik centrální rozlišovací
schopnosti u dětí
SW for Evaluation of Visual Acuity and Central Resolution Training
for Children

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše současného stavu řešené problematiky se zaměřením na přehled v současnosti na trhu dostupných digitálních optotypů, jejich technické specifikace a analýzu v současnosti dostupných mobilních aplikací zabývajících se touto problematikou.
2. Studium literatury zabývající se problematikou vyšetření zraku u dětí a rozlišovací schopnosti oka s možnostmi jeho nácviku, teoretický rozbor problematiky pleoptické léčby tupozrakosti u dětí.
3. Teoretický návrh mobilní aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti u dětí (obrázkové optotypy, Landoltovy kruhy, Pflugerovy háky, čísla a písmena), včetně popisu všech nutných specifikací, které by měla mobilní aplikace podle současných standardů a doporučení splňovat.
4. Návrh a realizace SW aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti u dětí (obrázkové optotypy, Landoltovy kruhy, Pflugerovy háky, čísla a písmena), pro nácvik centrální rozlišovací schopnosti oka.
5. Návrh a realizace elektronické databáze pacientů, která umožní uložení a statistické vyhodnocení výsledků jednotlivých vyšetření a cvičení v čase.
6. Návrh a realizace uživatelsky přívětivého grafického rozhraní (GUI) SW aplikace pro vyšetření / hodnocení zrakové ostrosti a nácviku rozlišovací schopnosti včetně možnosti tisku a statistického hodnocení jednotlivých oftalmologických parametrů v čase.
7. Ověření funkčnosti a efektivity finální verze softwaru pro vyšetření / hodnocení zrakové ostrosti a nácvik centrální rozlišovací schopnosti u dětí v praxi (minimálně 30 pacientů).
8. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] HROMÁDKOVÁ, Lada. *Šilhání*. Vyd. 3., nezměn. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011, 162 s. ISBN 978-80-7013-530-3.
- [2] DIVIŠOVÁ, Gabriela. *Strabismus*. 2., upr. vyd. Praha: Avicenum, 1990, 306 s.
- [3] KUCHYNKA, Pavel. *Oční lékařství*. 1.vyd. Praha: Grada, 2007, [40], 768 s. ISBN 978-80-247-1163-8.
- [4] OTRADOVEC, Jiří. *Klinická neurooftalmologie*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2003, 488 s., 16 s. barev. obr. příl. ISBN 80-247-0280-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Augustynek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.“

V Ostravě dne 29.4 2016

.....
Jidlová

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Augustynkovi, Ph.D. za pomoc, věcné připomínky k práci a vstřícný přístup v průběhu vypracování mé bakalářské práce. Poděkování také patří Ing. Jaromíru Konečnému, Ph.D. za ochotnou pomoc při řešení problémů v praktické části této práce.

Abstrakt

Obsahem bakalářské práce je aplikace pro hodnocení zrakové ostrosti a nácvik centrální rozlišovací schopnosti u dětí. Aplikace je vytvořená pro OS Android a je naprogramována v Android Studiu s přívětivým grafickým uživatelským rozhraním pro děti. Aplikace je ověřována v klinické praxi a následně jsou zhodnoceny dosažené výsledky. Aplikace slouží ke statistickému hodnocení parametrů v čase.

Cílem bakalářské práce je usnadnit a zmodernizovat vyšetření zrakové ostrosti a nácvik centrální rozlišovací schopnosti u dětí. První část práce je věnována teoretické části, řešící problematiku vyšetření zraku u dětí a centrální rozlišovací schopnosti oka s možností jeho nácviku a také problematiku pleoptické léčby tupozrakosti u dětí. Druhá část práce je zaměřena na vytvoření aplikace s přívětivým grafickým uživatelským rozhraním pro děti, elektronické databáze pacientů a zhodnocení výsledků ověřování pro klinickou praxi.

Klíčová slova

rozlišovací schopnost, zrakový systém, zraková ostrost, postižení oka, pleoptická léčba, aplikace pro Android, Android Studio

Abstract

The content of the thesis is application for evaluation of visual acuity and central resolution training for children. The application is created for OS Android and is programmed in Android Studio with friendly graphical user interface for children. The application is checked in clinical practice and the subsequent evaluation of the results achieved. The application is used for statistical evaluation parameters in time.

The aim of this thesis is to simplify and modernize testing visual acuity and central resolution training for children. The first part is devoted to the theoretical part, addressing the issue of testing visual acuity for children and resolution training with his training and addressing the issue of pleoptic treatment of amblyopia for children. The second part is focused on creating an application with friendly graphical user interface for children, electronic database of patient and the results of validation for clinical practice.

Keywords

resolution ability of the eye, visual system, visual acuity, disability of the eye, pleoptic treatment, application for Android, Android Studio

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	7
Seznam ilustrací	8
Seznam tabulek	10
1 Úvod	11
2 Rešerše	12
2.1 Východiska rešerše	12
2.2 Výsledky rešerše	12
2.3 Zhodnocení rešerše	24
3 Zraková ostrost	25
3.1 Vyšetřování centrálního vidění do dálky	25
3.2 Vyšetřování centrálního vidění do blízka	27
3.3 Optotypy	28
3.4 Jas optotypu	29
3.5 Kontrast písmen	29
3.6 Refrakční vady oka	30
3.7 Strabismus a amblyopie	32
3.8 Pleoptické cvičení	33
4 Teoretický návrh mobilní aplikace	35
4.1 Vysvětlení blokového diagramu aplikace	35
5 Návrh a realizace aplikace	37
5.1 Základní technické specifikace tabletu	37
5.2 Popis aplikace	38
5.3 Ukázky kódů	47
6 Elektronická databáze	49
7 Grafické uživatelské rozhraní aplikace	51
7.1 Velikost znaků a kontrast displeje	53
8 Ověření aplikace v praxi	54
9 Závěr	58
Literatura	60
Zdroje ilustrací	62
Seznam příloh	I

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FNO – Fakultní nemocnice Ostrava

OS – Operační systém, operating system

WP – Windows Phone

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele.....	14
Obrázek 2: Pexeso.....	16
Obrázek 3: Popis jednoduchých obrázků.....	17
Obrázek 4: Pflügerovy háky.....	17
Obrázek 5: Landoltův kruh na tabletu a vstupní zobrazení na smartphonu.....	18
Obrázek 6: Spektrum nabídky dalších testů aplikace VizMeter na smartphonu.....	18
Obrázek 7: Průběh testu ostroty zraku v aplikaci Test zraku.....	19
Obrázek 8: Průběh testu ostroty v aplikaci REST.....	20
Obrázek 9: Úvodní menu aplikace Eye exam.....	20
Obrázek 10: Test založený na správném určení písmene v aplikaci Eye exam.....	20
Obrázek 11 Úvodní menu aplikace Vision test.....	21
Obrázek 12 Zobrazení tabule pro odzkoušení ostroty zraku v aplikaci Eye Chart Pro.....	21
Obrázek 13 Úvodní menu aplikace Eyes Checker Free.....	22
Obrázek 14 Test založený na správném určení směru symbolu „C“ - Eyes Checker Free.....	22
Obrázek 15 Průběh testu v aplikaci Eyes Test.....	23
Obrázek 16 Pro zřakovou ostroty 6/6 je znak zobrazen pod úlem 5' na vzdálenost 6 metrů.....	25
Obrázek 17 Konstrukce Landoltova kruhu.....	26
Obrázek 18 Obrázkové optotypy.....	26
Obrázek 19 Jägerova tabulka.....	27
Obrázek 20 Horní obr. – hypermetropie, spodní obr. – hypermetropie napravená spojkou [A].....	30
Obrázek 21 Horní obr. – myopie, spodní obr. – myopie napravená rozptylkou [B].....	31
Obrázek 22 Blokové schéma aplikace.....	36
Obrázek 23 Vývojové prostředí Android Studia.....	37
Obrázek 24 Lenovo TAB 2 A10-70 [C].....	37
Obrázek 25 Úvodní obrazovka.....	38
Obrázek 26 Přihlášení pacienta.....	38
Obrázek 27 Registrace pacienta.....	39
Obrázek 28 Menu aplikace.....	39
Obrázek 29 Návod aplikace.....	40
Obrázek 30 Výběr z testů.....	40
Obrázek 31 Instrukce pro „Pflügerovy háky“ – levého oka a pravého oka.....	41
Obrázek 32 Instrukce pro „obrázkové optotypy“ – levého oka a pravého oka.....	42
Obrázek 33 Instrukce pro „čísla“ – vyšetření levého oka a pravého oka.....	42
Obrázek 34 Test „Pflügerové háky“ – 6/60.....	43
Obrázek 35 Test „Pflügerové háky“ – 6/6.....	44
Obrázek 36 Test „čísla“ – 6/60.....	44
Obrázek 37 Test „čísla“ – 6/6.....	45
Obrázek 38 Test „obrázkové optotypy“ – 6/60.....	45
Obrázek 39 Test „obrázkové optotypy“ – 6/6.....	46
Obrázek 40 Vyhodnocení testu.....	46
Obrázek 41 Načítání a zmenšování znaku.....	47

Obrázek 42 Náhodné zobrazení znaku.....	47
Obrázek 43 Zapsání hodnoty do vyhodnocení	48
Obrázek 44 Intenzita jasu	48
Obrázek 45 Ukázka výstupu z databáze.....	49
Obrázek 46 Zaslaný soubor na nadefinovaný e-mail	50
Obrázek 47 Hlavní obrazovky.....	51
Obrázek 48 Výběr obrázku pro aplikaci [D]	51
Obrázek 49 Vytvořené „Pflügerovy háky“	52
Obrázek 50 Vytvořená „čísla“.....	52
Obrázek 51 Vytvořené „obrázkové optotypy“	52
Obrázek 52 Vyšetření na tabletu	54
Obrázek 53 Vyšetření na optotypu.....	55
Obrázek 54 Vyšetřovaný pacient	55
Obrázek 55 Grafické průběh vyšetření pacienta X v čase.....	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky testů třiceti pacientů	56
---	----

1 ÚVOD

Vyšetřování zrakové ostrosti v klinickém prostředí může být pro děti velmi stresující, proto existuje několik možností, jak si nanečisto zkusit procvičovat zrak i v domácím prostředí, například pomocí webových stránek nebo různých aplikací. Má práce se zaměřuje na vytvoření aplikace pro vyšetření centrální rozlišovací schopnosti pro děti. Jelikož v dnešní době umí i děti ovládat tablet, bude aplikace vytvořena pro tento typ zařízení.

Prvních pět kapitol je věnováno rešerši a teoretické části. Pro pochopení základní problematiky je rešerše zaměřena na přehled v současnosti na trhu dostupných optotypů, jejich technické specifikace a analýzu v současnosti dostupných mobilních aplikací zabývajících se touto problematikou. Teoretická část řeší problematiku vyšetření zraku u dětí a rozlišovací schopnosti oka s možností jeho nácviku a problematiku pleoptické léčby tupozrakosti u dětí. Dále je zaměřena na jednotlivém vyšetření zraku, tedy vyšetření zraku na blízko i na dálku a na následná cvičení.

Další kapitoly jsou věnovány praktické části. Nejdříve je řešen teoretický návrh aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti u dětí (Pfügerovy háky, čísla a obrázkové optotypy), včetně všech nutných specifikací, které by měla aplikace podle současných standardů a doporučení splňovat. Poté je zaměřena na návrh a realizaci samotné aplikace. Dále je práce zaměřena na návrh a realizaci elektronické databáze, která umožní uložení a statistické vyhodnocení výsledků jednotlivých vyšetření a cvičení v čase. Práce se také zaměřuje na návrh a realizaci uživatelsky přívětivého grafického rozhraní aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti a nácviku rozlišovací schopnosti, včetně možnosti tisku a statistického hodnocení jednotlivých olfamologických parametrů v čase.

Po dokončení praktické části je aplikace testována na oční klinice ve FNO na třiceti pacientech. Na základě dosažených výsledků a zpětné vazby pacientů, popřípadě zdravotní setry, kteří s aplikací pracovali, zhodnotím výsledky a zahrnu je do práce.

2 REŠERŠE

2.1 Východiska rešerše

Rozlišovací schopnost je diskutována v mnoha vědeckých publikacích. Vědci dokázali, že problematické situace ovlivňují zrakový orgán, např. když matka v graviditě užívá opiáty nebo jiné návykové látky.

V dnešní době se i zdravému jedinci může zhoršit zrak, což může být způsobeno mimo jiné digitálními technologiemi, které nás obklopují doslova na každém kroku. Staly se nedílnou součástí našeho života. Včasným vyšetřením a léčbou lze docílit zmírnění dopadů týkajících se poškození zraku. Zrakovou ostrost si může orientačně vyšetřit každý jedinec sám nebo také dítě s rodičem v domácím prostředí pomocí testu zrakové ostrosti jako součástí mobilní aplikace, například VizMeter.

Mobilních zařízení a jejich funkce lze využívat prakticky neustále a téměř kdekoliv. Mnohé z nich nám usnadňují život. To platí zejména u lidí se zrakovým postižením. Digitální technologie lze totiž velmi efektivně využívat jako kompenzační nástroje zrakového postižení.

Zjednodušení spočívá především:

- v seznamech v mobilních zařízeních – lze přizpůsobit jejich velikost, styl písma, nebo dokonce i podklad,
- ve fotografiích v jakémkoliv zařízení – lze pomocí zoomu přiblížit či oddálit předmět tak, aby jej jedinec se zrakovým postižením lépe rozpoznal,
- v operačních systémech v počítačích – ty jsou již od výrobce přizpůsobeny jedincům jak se zrakovým, tak i sluchovým postižením.

Rešerše byla vytvořena jako první krok pro teoretickou část bakalářské práce. Na základě získaných poznatků, bych měla být schopna uplatnit všechny vědomosti k sepsání samotné bakalářské práce.

Tato rešerše byla vytvořená na základě odborných článků, které byly nalezeny přes databáze PubMed, IEEEExplore, Frontiers a další.

2.2 Výsledky rešerše

V rešeršní práci jsem se zaměřila na problematiku rozlišovací schopnosti a to k pochopení očních vad a zjištění odlišných případů, které se zabývají jak dospělými, tak i dětmi, které trpí očními vadami, např. zakřivení rohovky, šilhání, dalekozrakost, apod. Dále jsem se zaměřila na to, jak funguje aplikace VizMeter, která umožňuje měření a hodnocení zrakové ostrosti v domácím prostředí. Vzhled samotné aplikace na tabletu a smartphonu včetně výběru dalších testů, viz obrázek 5 a obrázek 6.

Jeden z výsledků bylo zjištění, že zrakový orgán není stejně citlivý na vnímání světla různých vlnových délek. Průběh frekvenční závislosti a hranice viditelnosti jsou individuální. Kvalita optického systému oka je charakterizována ostroťmi zobrazení v úrovni na sítnici.

Tato rešerše mi dala větší nadhled pro pochopení celkového vyšetření zrakové ostrosti jak v domácím prostředí, tak i u očního lékaře. Tento nadhled se budu snažit zapracovat

do mé bakalářské práce se zaměřením především na pleoptickou léčbu pomocí pexesa a hodnocení zrakové ostrosti pomocí Pflugerových háků, čísel a obrázkových optotypů. (otáčení písmene „E“).

Základy světelné techniky

[1] prof. Ing. Jiří HABEL, DrSc. Základy světelné techniky: Zrak a vidění. *Světlo* [online]. 2008, (6): 52-55 [cit. 2015-06-10]. DOI: Světlo.

Článek se zabývá vysvětlením zorného pole, rozlišovací schopnosti, spektrální citlivosti zraku a také pojednává o vadách optického systému oka.

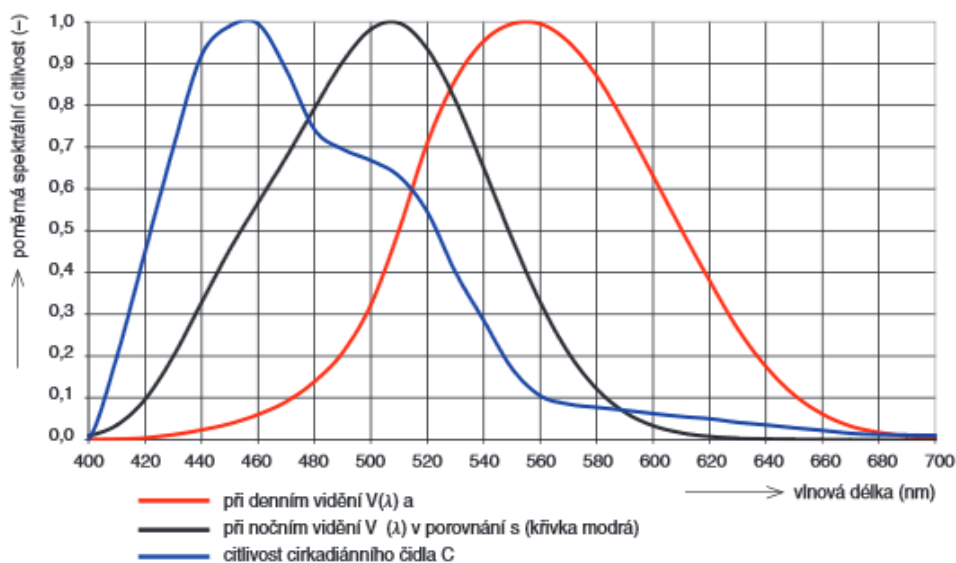
Zorné pole je část prostoru, kterou pozorovatel může postřehnout upřeným pohledem bez pohybu oka a hlavy. Pozorovatel vidí v úhlovém rozsahu okolo 8° ve vodorovné rovině a okolo 6° v rovině svislé. Největší ostrost vidění je v rozsahu okolo 1.5° . Místo nejostřejšího vidění je jamka ve žluté skvrně, do které se pozorovatel vždy snaží natočit pohledovou osu. Velikost monokulárního zorného pole pravého a levého oka a také jejich společné části, tzv. binokulárního zorného pole závisí jak na jasu svazku paprsků dopadající do oka, tak i na chromatičnosti tohoto světla. Pro přímé rozlišení pozorované podrobnosti je rozhodující její bezprostřední okolí, to je část zorného pole omezená vrcholovým úhlem přibližně 20° . Pozorovatel může postřehnout část prostoru při pohybu oka, aniž by pohyboval tělem a hlavou, tato část prostoru se nazývá pohledové pole.

Zrakové rozlišení předmětů či podrobností je založeno na schopnosti zrakového orgánu rozeznat, že z určité části zorného pole vycházejí rozdílné světelné podněty a zhodnocují jasnost rozlišovacích podrobností. Pozorovatel, aby mohl rozlišit předměty pozorované v zorném poli, potřebuje, aby předměty měly dostatečně rozdílné jasy, popřípadě barvy a u trojrozměrných předmětů, aby bylo vhodně vytvořenými stíny zajištěno vyniknutí prostorové struktury a uspořádání předmětů.

V praxi je důležitá i rychlost rozlišování, jelikož mnoho pokusů ukázalo, že s růstem hladiny osvětlení rychlost rozlišení určité podrobnosti nejdříve výrazně vzroste a poté se její nárůst zmenšuje, až se poté téměř neprojevuje.

Zraková ostrost závisí na podmínkách osvětlení a zejména na adaptačním jasu, tj. na jasu pozadí. S rostoucím jasnem pozadí zraková ostrost zpočátku roste rychle a pak od určitých hodnot jasu roste jen málo. V praxi se zraková ostrost zjišťuje s využitím vhodných zkušebních obrazců, na kterých musí oko z určité vzdálenosti rozeznat jisté podrobnosti. Jde například o Landoltovy kruhy, což jsou vytištěné kruhy s průměrem 5 mm , na nichž jsou nepravidelně rozloženy mezery. Tím, že člověk pozoruje předměty pravým a levým okem, každým z jiného úhlu, má možnost prostorového vidění.

Zrakový orgán není stejně citlivý na záření různých vlnových délek. Průběh této závislosti i hranice viditelnosti jsou u různých osob jiné. Největší citlivost oka při dobrém osvětlení je určena citlivostí čípků a nejčastěji se při fotopickém vidění pohybuje přibližně okolo 555 nm .



Obrázek 1: Spektrální citlivost zraku normálního fotometrického pozorovatele

Průběh poměrné spektrální citlivosti oka normálního fotometrického pozorovatele znázorňuje červená křivka $V(\lambda)$ pro denní vidění při vysokém adaptačním jasu a černá křivka $V'(\lambda)$ pro noční vidění při velmi nízkém adaptačním jasu. Maximum křivky $V'(\lambda)$ je posunuto k menším vlnovým délkám (asi 507 nm), jelikož při nízkých hladinách jasů se převážně uplatňují tyčinky. Z průběhů křivek vyplývá, že spektrální citlivost zraku je závislá na adaptačním jasu a že při přechodu od fotopického ke skotopickému vidění se snižuje jasnost červených ploch a naopak roste jasnost ploch modrých (Purkyňův jev).

Kvalita optického systému oka je charakterizována ostroší zobrazení v úrovni na sítnici. U opticky správně zobrazujícího oka, paprsky dopadají rovnoběžně na rohovku, při klidové akomodaci se sbíhají do jednoho bodu, kterým je žlutá skvrna sítnice. Krátkozrakost je nejčastější dioptrickou vadou, postihuje až 30 % populace a lze ji kompenzovat rozptylnými sférickými čočkami. Dalekozrakost postihuje 10 % populace a lze ji kompenzovat sférickými spojnými čočkami. Dioptrická vada projevující se obtížemi při běžném čtení na blízkou vzdálenost a postihující všechny osoby starší 45 let, se nazývá vetchozrakostí neboli presbyopia (špatné vidění na čtení, většinou rozmazané vidění). Akomodační schopnosti člověka klesají přibližně do 52 let věku.

K vadám optického systému oka patří též onemocnění známé pod názvem šedý zákal (katarakta). Při něm čočka postupně ztrácí svou průhlednost, přičemž se zhoršuje vidění. Vyskytuje se ve vyšším věku, mimo jiné u pacientů s cukrovkou nebo jinými celkovými nemocemi. U těchto pacientů se provádí operace zákalu, při které se zkalená čočka nahradí čočkou umělou, implantovanou do oka pacienta se zhoršením centrální zrakové ostrosti.

The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update

[2] ANSTICE, Nicola S a Benjamin THOMPSON. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update. *Clinical and Experimental Optometry*. 2014, **97**(1): 3-11. DOI: 10.1111/cxo.12086. ISSN 08164622.

Během posledních deseti let, řada velkých klinických studií poskytly důležité informace týkající se spolehlivosti a opakovatelnosti běžně používaných testů zrakové ostrosti, které jsou určeny pro děti a jejich role v diagnostice a léčbě dětských očních vad.

Cílem článku je shrnout nejnovější nálezy týkající se použití testů zrakové ostrosti určené dětem pro klinickou praxi a projednávání přesnosti měření zrakové ostrosti u kojenců, malých dětí, ale také u dětí školního věku.

Ostrost zraku je schopností pozorovatele vnímat prostorový detail. Testy zrakové ostrosti poskytují informace, které mohou být použity k určení přítomnosti či nepřítomnosti refrakční vady. S ostroty zraku souvisí také i kvalita života, jako je mobilita u dospělých pacientů. Snížená ostrost vidění u dospělých byla spojena s vyšším rizikem pádu a vyšším výskytem dopravních nehod motorových vozidel. Je obtížné poskytnout pro děti normativní hodnotu ostrosti zraku, jelikož se výsledky liší v závislosti věku dítěte.

Způsoby měření zrakové ostrosti:

1. Detekce ostrosti.
2. Rozlišení ostrosti – prostorový detail.
3. Rozpoznávání ostrosti – identifikace cíle.

Nejčastější postižení u dětí je tupozrakost neboli amblyopie. Ve většině případů je tupozrakost sekundární projevem očních vad, jako je například šilhání, šedý zákal nebo také úraz oka. U této vady je důležité ji podchytit včas, jelikož může dojít ke ztrátě binokulárního vidění nebo k úplné ztrátě zraku. Například u dvou ročních dětí můžeme vyšetřovat ostrost zraku různými úkoly s obrázky, které dítě pojmenuje. Nicméně, nejúčinnější vyšetření ostrosti zraku je okolo tří let věku. Testy, které se zaměřují na písmena nebo různé znaky, jsou složitější zejména pro děti předškolního věku, ale mají vysokou míru testovatelnosti a variability. Tyto testy mají většinou předepsanou vzdálenost, ke zlepšení vyšetření malých dětí se tato zkušební vzdálenost snižuje většinou na tři metry. Velmi populárním vyšetřením ostrosti zraku jsou Snellenovy optotypy a Pflugerovy háky, viz obrázek 4.

Refractive errors and ocular findings in children with intellectual disability

[3] AKINCI, Arsen, Ozgur ONER, Ozlem Hekim BOZKURT, Alev GUVEN, Aydan DEGERLIYURT a Kerim MUNIR. Refractive errors and ocular findings in children with intellectual disability: A controlled study. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2008, **12**(5): 477-481. DOI: 10.1016/j.jaapos.2008.04.009. ISSN 10918531.

Článek se zabývá zhodnocením očních nálezů a refrakčních vad u dětí s mentálním postižením a kontrolách průměrného intelektuálního rozvoje podobných sociálně-ekonomických vrstev.

Studie byla provedena v dětské nemocnici v Ankaře v Turecku. Bylo vyhodnoceno 724 jedinců s mentálním postižením a 151 zdravých jedinců v kontrolním souboru. Subjekty s mentálním postižením byly rozděleny do mírných a středně těžkých skupin, a také na syndromatické

a nesyndromatické postižení. Hlavním sledovaným parametrem byl výskyt refrakčních vad a oční nálezy.

Oční nález mělo 77 % jedinců s mentálním postižením a 42.4 % jedinců v kontrolním souboru. Děti s mentálním postižením měly podstatně vyšší výskyt strabismu (šilhání), astigmatismu (zakřivení rohovky) a hypermetropie (dalekozrakost) než jedinci v kontrolním souboru. Děti se syndromovým mentálním postižením měly podstatně více strabismu, astigmatismu a hypermetropie než u jedinců s nesyndromatickým mentálním postižením.

Toto je první rozsáhlá studie, která se zaměřuje na děti s mentálním postižením a umožňuje se individuálně dívat na nesyndromatické a syndromatické pacienty.

Studie ukazuje, že je třeba oční vyhodnocení každého dítěte s mentálním postižením, jelikož více než 3/4 subjektů měly oční nebo refrakční nález¹. Bylo prokázáno, že ve vztahu k osobám bez zrakového postižení mají děti (s horším mentálním postižením) s dvoustranným mírně a jednostranným nebo oboustranným středně těžkým postižením zraku větší potíže při provádění každodenních činností.

Orientační test zrakové ostrosti v domácím prostředí

[4] Dětské oční centrum Kukátko: Instrukce pro rodiče před vyšetřením [online]. [cit. 2015-06-21].

Rodiče mohou děti připravit na vyšetření zraku již v domácím prostředí. Tento test ovšem nenahrazuje odborné vyšetření u očního lékaře. Dítě po absolvování testu v domácím prostředí lépe reaguje na odborné vyšetření očním lékařem a lépe spolupracuje.

Testy se dělí podle věku dítěte. První kategorie je do tří let a druhá kategorie je pro děti starší tří let. Postup vyšetření zraku je tedy následující:

První kategorie – děti do tří let:

1. **Adaptace na zakrytí jednoho oka** – hrou na piráta, zakrytí jednoho oka a střídání zakrývání levého a pravého oka.
2. **Pohled do kukátka nebo přístroje** – za pomoci kaleidoskopu nebo starého fotoaparátu.
3. **Pexeso** – dítě se naučí přiřazovat k sobě obrázky různých barev a tvarů.



Obrázek 2: Pexeso

4. **Popisování obrázku** – dítě obrázek popíše jednoduchým slovem nebo zvukem.

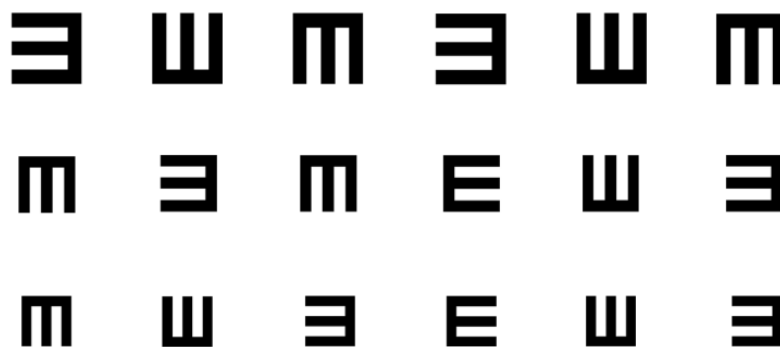
¹ Refrakční nález – chybná lomivost dopadajících paprsků, které se nezobrazí na sítnici



Obrázek 3: Popis jednoduchých obrázků

Druhá kategorie – děti starší tří let:

1. **Adaptace na zakrytí jednoho oka** – totožné s kategorií 1.
2. **Pohled do kukátka nebo přístroje** – totožné s kategorií 1.
3. **Snellenovy optotypy a Pflügerovy háky** – rodič ukáže rukou na písmeno „E“ a dítě rukou ukáže, ve kterém směru jsou nožičky nebo hřebínek.



Obrázek 4: Pflügerovy háky

Měření zrakové ostrosti pomocí aplikace VizMeter

[5] PUČÁLKOVÁ, Tereza. Měření zrakové ostrosti pomocí aplikace VizMeter [online]. 2014 [cit. 2015-06-21]. Bakalářská práce. PALACKÝ UNIVERSITY IN OLOMOUC, Faculty of Science. Vedoucí práce Jaroslav Wagner.

Autorka v bakalářské práci popisuje vyvíjející se aplikaci subjektivního měření zrakové ostrosti, která se jmenuje VizMeter. Zahrnuje také podrobný návod jak tuto aplikaci využívat při stanovení zrakové ostrosti.

Aplikace VizMeter je software pro určení zrakové ostrosti oka. VizMeter pracuje na principu propojení dvou zařízení – tabletu a smartphonu. Smartphone nebo tablet může plnit funkci nadřazeného zařízení (Master) s OS iOS a OS Android. Na podřízené zařízení (Slave) jsou kladeny vyšší nároky – aplikace je určena pouze pro přístroje Apple.

Tablet a smartphone musí být propojeny přes lokální síť, je nutné vypnout Wi-fi připojení. Jinak by přístroje spolu nekomunikovaly. Tablet funguje jako zobrazovací zařízení tudíž jako LCD panel a smartphone jako ovládací zařízení.

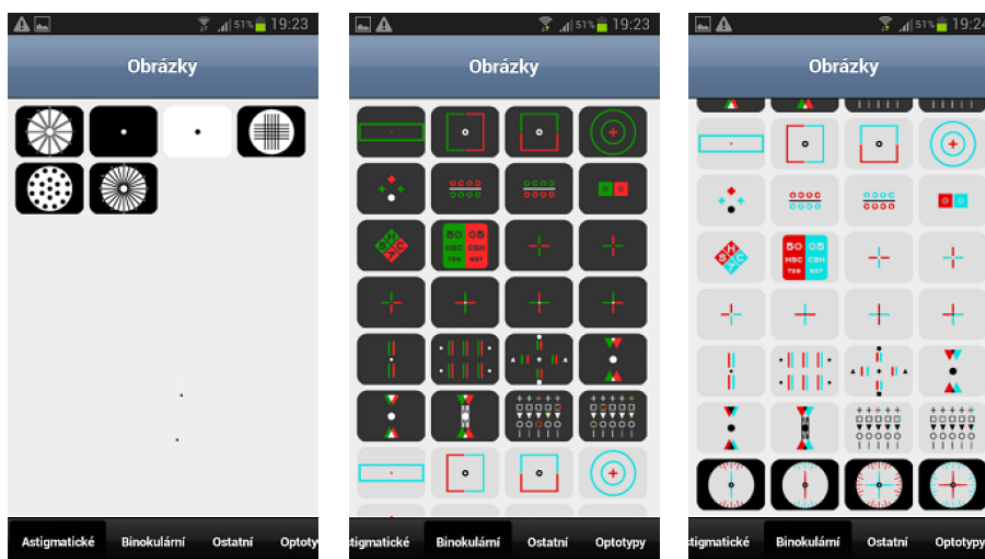
Aplikace po prvním spuštění nabídne demoverzi (pro seznámení) a lze ji tedy vyzkoušet, pokud máme smartphone s OS Android nebo iOS a tablet od firmy Apple s iOS.

Po propojení dvou zařízení a spuštění demoverze se objeví na displeji tabletu – Landoltův kruh a na smartphonu zvolíme směr, ve kterém v dané vzdálenosti vidíme mezeru a potvrdíme uprostřed ikonou OK, viz obrázek 5.



Obrázek 5: Landoltův kruh na tabletu a vstupní zobrazení na smartphonu

V demoverzi jsou i další testy – astigmatické, binokulární atd., které lze vybrat v hlavní nabídce aplikace na smartphonu.



Obrázek 6: Spektrum nabídky dalších testů aplikace VizMeter na smartphonu

Po seznámení s obsluhou a nabídkou testu můžeme přistoupit k vyšetření. Na úvod musíme zadat osobní údaje vyšetřované osoby (jméno a příjmení, datum narození a další) bez osobních údajů se vyšetření nezpustí. Po spuštění vyšetření se postupuje podle pokynů na displeji a po ukončení každé části vyšetření se nám na displeji vyhodnotí ihned výsledky.

Při práci s VizMetrem musíme dodržovat přesný postup, který je přesně daný a poměrně zdoluhavý. Obsluha zařízení není v některých případech snadná, jelikož si nepatrnou nepozorností můžeme zrušit celé vyšetření a musíme tedy začít od začátku.

Recenze aplikací

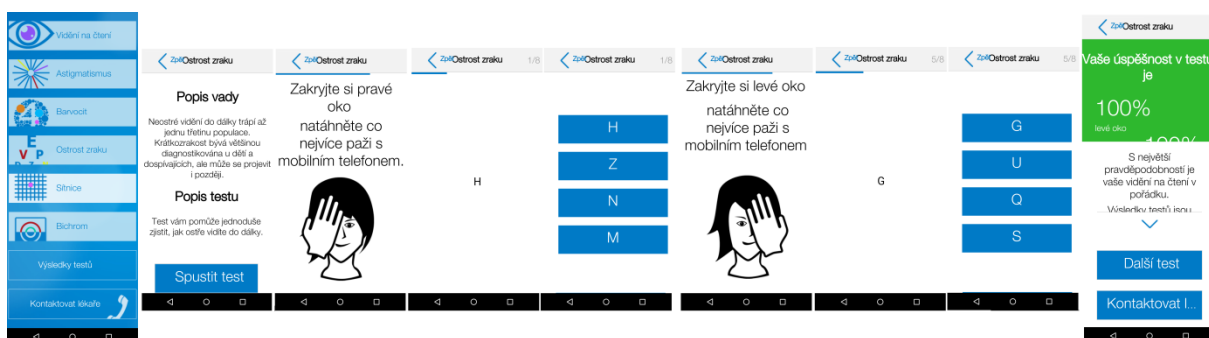
Android

Test zraku – 3,7 z 5 hvězdiček (255 uživatelů)

Aplikace slouží k otestování zraku a je zcela zdarma ke stažení na Google Play. Výsledky se dají bezplatně zaslat specialistům, kteří poradí s případnou korekcí nebo léčbou. Aplikace má následující testy, viz obrázek 7. Po spuštění vybraného testu se zobrazí úvodní instrukce jak správně postupovat, aby byl výsledek co nejpřesnější.

Jeden z testů, který jsem vyzkoušela, byl „Astigmatismus“. Testuje se zvlášť levé a pravé oko, jak aplikace funguje je znázorněno na obrázku 7. Další test, který jsem vyzkoušela, byl „Ostrost zraku“. Opět se testují obě oči zvlášť. Test spočívá v zobrazení vybraného písmene ve středu displeje (vybrané písmeno je na displeji po dobu 10 sekund), poté uživatel vidí volbu čtyř písmen a musí zadat správné písmeno. Takto se test opakuje a písmena se postupně zmenšují.

Aplikace zaznamenává výsledky, které si lze otevřít a popřípadě zaslat specialistům. Specialisté výsledky vyhodnotí a uživatele kontaktují pomocí e-mailu, který byl zadán v samotné aplikaci. Aplikace je velmi přehledná, ale testy jsem musela opakovat z důvodu nereagování a pádu celé aplikace.



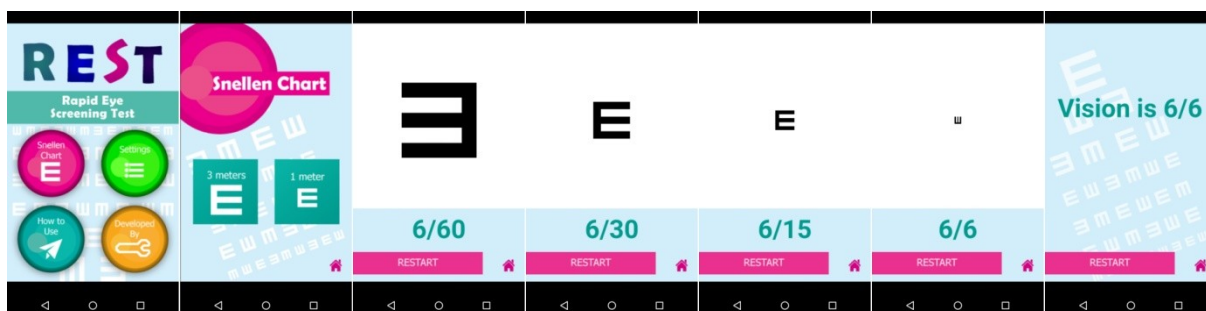
Obrázek 7: Průběh testu ostroty zraku v aplikaci Test zraku

REST (Rapid Eye Screening Test) – 5 z 5 hvězdiček (3 uživatelé)

Aplikace pojednává o vizuálním testování ostroty zraku a slouží pouze pro účely screeningu². Aplikace lze použít ve vzdálenosti jeden metr a tři metry. V nastavení lze nastavit startovací velikost symbolu „E“. Samotný test spočívá ve stanovení směru nožiček (přejetím prstu po displeji), symbol „E“ se v průběhu testu postupně zmenšuje. Test končí, až uživatel úspěšně určí nejmenší symbol „E“, který je označen v dolní části displeje čísly 6/6.

Vzhledem a možnost rychlého použití je tato aplikace velmi dobrá, ale nemá zpětnou vazbu se specialistou. Uživatel si určuje sám, zda by měl nebo neměl navštívit očního lékaře.

² Screening – vyhledávání chorob v jejich časných stádiích

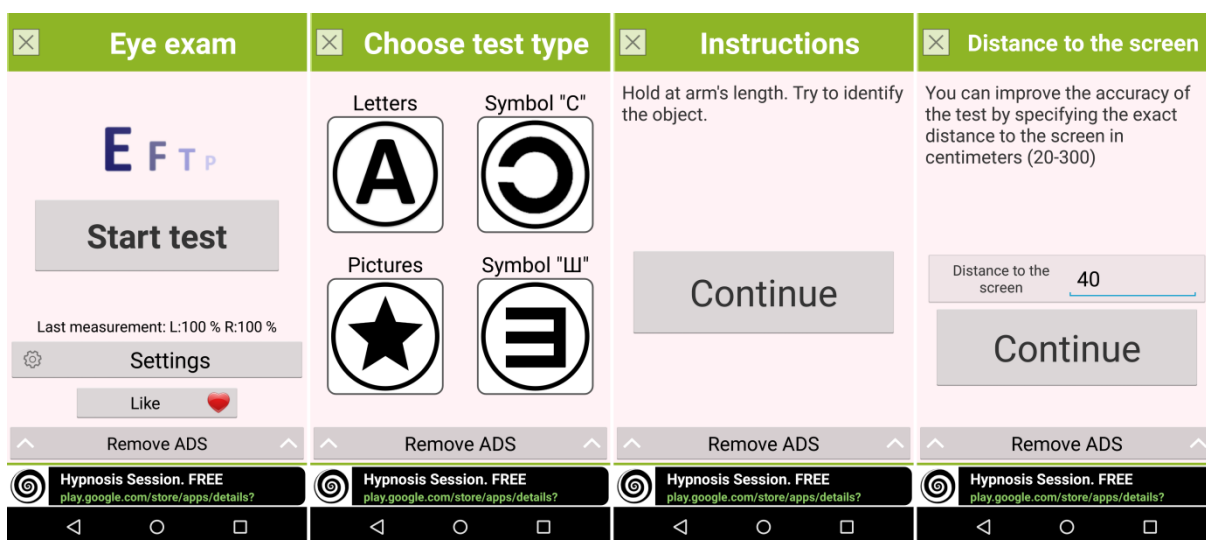


Obrázek 8: Průběh testu ostroty v aplikaci REST

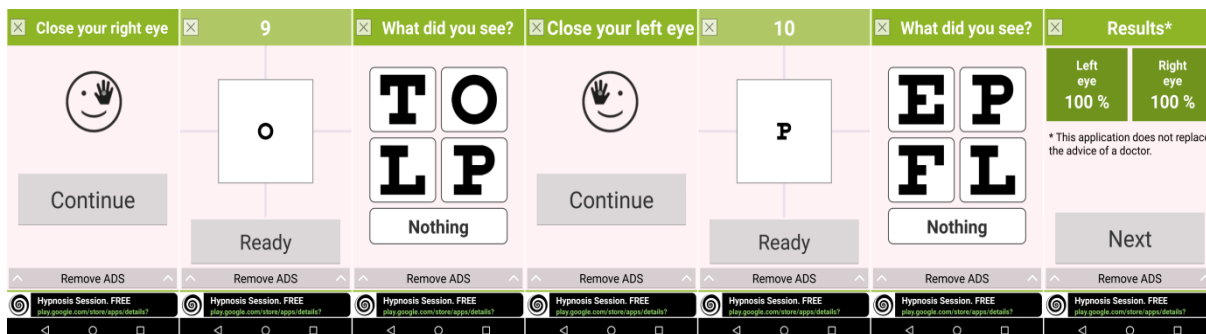
Eye exam – 4,2 z 5 hvězdiček (2127 uživatelů)

Aplikace slouží k ověření zrakové ostroty, je zcela zdarma ke stažení na Google Play. Zrakovou ostrost lze otestovat čtyřmi způsoby: vybranými písmeny, symbolem „C“, obrázky a symbolem „E“. Níže je zobrazený průběh jednoho z testů, viz obrázek 10.

Aplikace je přehledná, ale někteří uživatelé dle recenzí na Google Play si stěžují na nemožnost si zvolit jazyk. Samotná aplikace se ovládá jednoduše a je tedy vhodná i pro malé děti, jelikož aplikace umožňuje i test s obrázky, které dítě rozpozná.












Obrázek 9: Úvodní menu aplikace Eye exam



Obrázek 10: Test založený na správném určení písmene v aplikaci Eye exam

Vision test – 4 z 5 hvězdiček

	 Visual Acuity	 Questions	 Distance Vision
 Macular Degeneration	 Astigmatism	 Optician Finder	 Test Results
 Duochrome	 Colour Test	 Eye Advice	 Settings

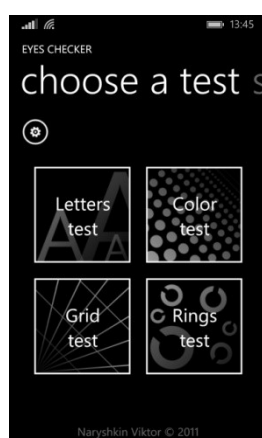
Eye Chart Pro – 4,5 z 5 hvězdiček

21

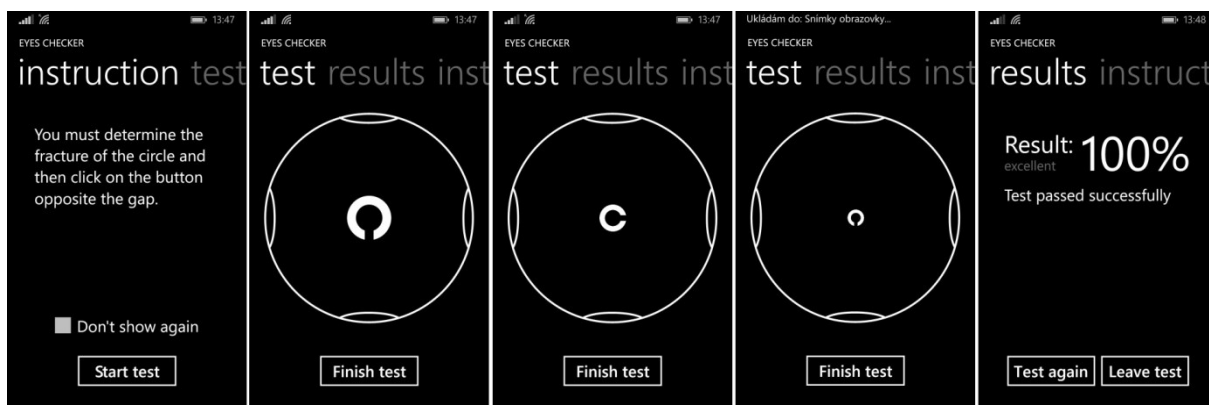
Windows Phone

Eyes Checker Free

Aplikace obsahuje čtyři testy, na obrázku 13 jde vidět úvodní menu. Jako první jsem vyzkoušela test, který je založený na správném určení písmene, v průběhu testu se písmeno postupně zmenšuje. Výhodou testu je, že je na displeji ovládací panel pro výběr písmene. Další test je založený na barvách, musíme rozpoznat, zda je na obrázku trojúhelník, kolečko nebo na obrázku není nic. Opět je na displeji ovládací panel s vybranými symboly. Jako poslední test jsem vyzkoušela otáčení symbolu „C“, viz obrázek 14. Test je lehce ovladatelný, jelikož můžeme klikat na stranu, kde je zobrazená mezera. Tato aplikace se dá stáhnout na Storu pro WP a je zcela zdarma. Je velmi přehledná a zvládne ji ovládat i uživatel, který neumí moc anglický jazyk, jelikož se nemusí nastavovat žádné informace. Bohužel nemohu zjistit, jaký je názor dalších uživatelů, protože zatím aplikaci nikdo nehodnotil (červen 2015).



Obrázek 13 Úvodní menu aplikace Eyes Checker Free



Obrázek 14 Test založený na správném určení směru symbolu „C“ - Eyes Checker Free

Eyes Test

Aplikace obsahuje pouze jeden test, který je založený na hledání světlého políčka, v poli tmavých políček, viz obrázek 15. Podle správnosti se zobrazí, jaký máte zrak – přirovnání ke zvířatům. Aplikace je přehledná a lehce ovladatelná, tím pádem je vhodná pro malé děti. Dá se stáhnout na Storu pro WP a je zdarma. Jedinou nevýhodou této aplikace je reklama, která se zobrazuje dole na displeji. Aplikaci na Storu opět nikdo nehodnotil, proto nemohu zhodnotit názor uživatelů (červen 2015).



Obrázek 15 Průběh testu v aplikaci Eyes Test

The eye Phone Study: reability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology

[6] PERERA, C, R CHAKRABARTI, F M A ISLAM a J CROWSTON. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. *Eye*. 2015, 29(7): 888-894. DOI: 10.1038/eye.2015.60. ISSN 0950-222x.

Začlenění technologie smartphonů do každodenní moderní lékařské praxe se stal velmi rychlým trendem. Manhatanská skupina vědců prokázala, že 75 % lékařů ve Spojených státech si zakoupili kvůli lepšímu vyšetřování pacientů zařízení značky Apple například iPad, iPhone nebo iPod.

S rozvíjející se technologií moderní doby se poptávka po lékařských programech a aplikacích zvyšuje, zejména u očních lékařů. I přes rychlé přijetí mobilní technologie narůstají obavy ohledně osvědčení a přesnosti těchto aplikací nebo programů. Základním předpokladem o klinické praxi je představa o medicíně založené na důkazech (evidence based medicine). Smartphony mají několik vlastností, které jim dávají převahu nad ostatními technologiemi. Komunikace mezi zdravotnickým personálem a nemocnicemi se značně usnadnila pomocí emailů a oznámeními. Jeden typ aplikace, která je mezi lékaři velmi populární, je test měření ostroty zraku. Snellenovy optotypy patří mezi nejběžnější měření ostroty zraku.

Aplikace pro Apple, které se zabývají Snellenovými optotypy a jsou zcela zdarma, jsou například Snellen, Eye Test Free, iSnellen a Eye Chart. Pár aplikacemi jsem se zabývala v této rešerši. Další aplikace jsou zpoplatněny, například: Eye Test, OptOk, HOTV Acuity a další. Podle této studie aplikace s názvem Snellen se považuje jako nejpřesnější z dostupných aplikací z roku 2011.

2.3 Zhodnocení rešerše

Rozlišovací schopnost, která je také spojená s vadami zrakového ústrojí, bude nadále probíraným tématem. Články, které jsem si pro svou rešerši vybrala, by mi měly pomoci ve správném vypracování bakalářské práce.

Do bakalářské práce bych chtěla uvést aspoň část z těchto získaných informací. Dále bych chtěla zmínit poznatky, které se týkají očních vad jak u dospělých, tak u dětí a jejich korekci.

Stěžejním cílem bakalářské práce je vytvoření softwarové aplikace pro vyšetření zrakové ostrosti u dětí. Aplikace by měla sloužit jak rodičům, tak i očním lékařům pro snadnější vyšetření dítěte a bude plnit zpětnovazební funkci s očním lékařem. Softwarovou aplikaci bych chtěla vyvíjet v programovém prostředí Android Studio pro Javu.

3 ZRAKOVÁ OSTROST

Zraková ostrost neboli vizus. Zraková ostrost je schopnost oka rozlišit dva body. Rozlišovací schopnost oka při centrálním vidění je značná. Na základě praktických pozorování i výpočtů se došlo k závěru, že oko je schopno rozeznat dva body jako oddělené ještě tehdy, sbíhají-li se paprsky z nich přicházející pod úhlem aspoň $1'$. Zraková ostrost se vyšetřuje na vidění do blízka a do dálky. Jednoduchou zrakovou zkoušku u dětí od věku dvou let mohou podle přesného návodu provést rodiče v domácím prostředí. Vyšetření v domácím prostředí má řadu předností a také včasné zjištění zrakové vady a tupo zrakovosti umožní včasný zásah odborníků.

[7], [12]

3.1 Vyšetřování centrálního vidění do dálky

Vyšetření je založené na tzv. optotypech, tabule se znaky, písmeny nebo čísly, popřípadě s obrázkovými optotypy. Rozlišují se polohy znaků stejné velikosti, ale také odlišné kontury i velikosti. Optotyp musí být umístěn tak, aby vyšetřované slabozraké dítě mohlo při náležitém osvětlení rozeznat ukázkové znaky. Oko, které nevyšetřujeme, zakrýváme. Vyšetřovaný musí při vyšetření držet hlavu zpříma. Typy znaků na optotypech by se měly měnit, jelikož u dětí předškolního věku dochází k zapamatování těchto znaků a mohou švindlovat, tím pádem může dojít k chybnému vyšetření. Vyšetřovaný je od optotypu vzdálený pět nebo šest metrů.

3.1.1 Pflügerovy háky

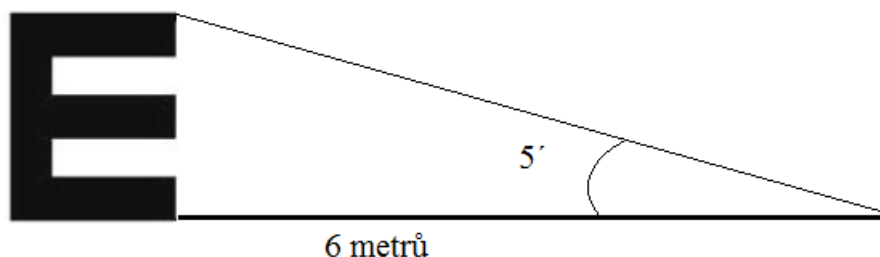
Pflügerovy háky jsou znaky složeny ze tří tenkých čar. Pflügerovy háky jsou podobné písmenu E. Na optotypu jsou tyto znaky uspořádány do čtyř poloh a vyšetřovaný má ukazovat, na které straně je otevřená část znaku. Při vyšetření malých dětí používáme ukazovátko ve tvaru písmene E, které dáme dítěti do ruky a ukazuje přímo ukazovátkem v jaké poloze je znak otočen. Mezi nevýhodu těchto znaků patří pravděpodobnost uhádnutí, která je v tomto případě 25 %.

[9]

3.1.2 Snellenovy znaky

Snellenovy znaky patří mezi nejpoužívanější optotypy. Jsou sestaveny z velkých písmen a číslic, které jsou vepsány do čtverce o straně pěti dílků, jednotlivé čáry odpovídají jednomu dílku. Pravděpodobnost uhádnutí je stejná jako u Plügerových háků, tedy 25 %.

[8]

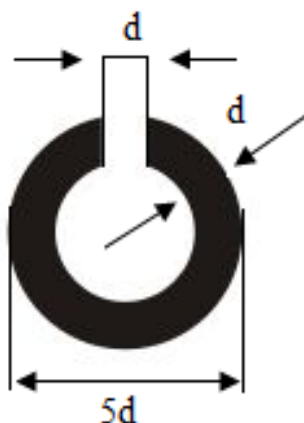


Obrázek 16 Pro zrakovou ostrost 6/6 je znak zobrazen pod úlem $5'$ na vzdálenost 6 metrů

3.1.3 Landoltovy kruhy

Landoltovy kruhy jsou znaky, které jsou podobny písmenu C. Landoltovy kruhy jsou neuzavřené kruhy, uspořádané do osmi poloh. Nejsou v praxi moc oblíbeny kvůli špatnému dorozumívání mezi vyšetřovaným a vyšetřujícím.

[9]



Obrázek 17 Konstrukce Landoltova kruhu

3.1.4 Písmena a čísla

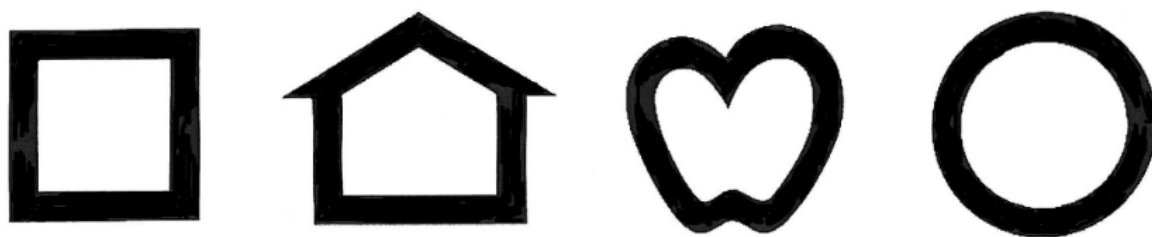
Písmena a čísla (Schoberovy znaky) jsou zakreslena do sítě 25 čtverečků. Jsou konturovány v poměru 7:5 a 7:4 (výška:šířka). Tloušťka jednotlivých čar odpovídá 1/7 výšky písmene. Vyšetřovaný se ve znacích dobře orientuje a nedochází k nesrovnalostem.

[7], [8]

3.1.5 Obrázkové optotypy

Obrázkové optotypy bývají různými autory řešeny různě a jsou pro malé děti. Máme-li zachovat jejich tvar, musíme dodržet čtverec. Obrázkové optotypy představují předměty, které dítě zná. Ve většině případů jsou obrázky kresleny pouze obrysově. Výška obrázku odpovídá velikosti zorného úlu 5'. Tloušťka čar odpovídá 1/7 výšky obrázku. Většinou se používá čtvereček, domeček, jablíčko, srdíčko, kolečko a další.

[9]

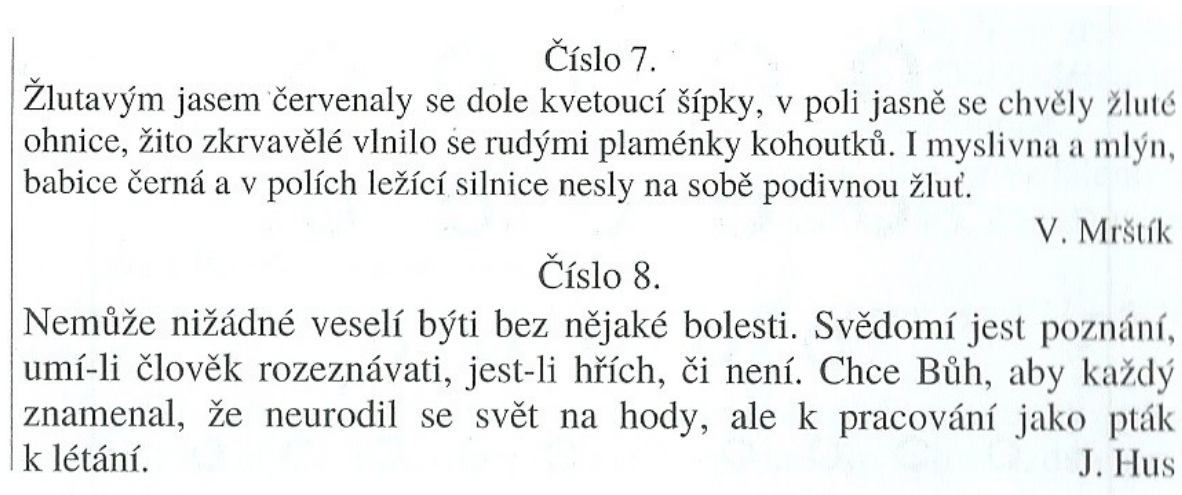


Obrázek 18 Obrázkové optotypy

3.2 Vyšetřování centrálního vidění do blízka

Zraková ostrost do blízka se zjišťuje čtením optotypů, přesněji se jim říká Jägerové tabulky. Jedná se o souvislý text, který je dělený do odstavců podle velikosti tisku. Vyšetřovaný čte ze vzdálenosti 30 cm. Odstavce jsou označeny číslicemi 1–8. Výsledek je zaznamenáván značkou J = č. 1, 2, ..., podle toho, který odstavec četl vyšetřovaný bez námahy a plynule. Jestliže čte pouze text s velkým tiskem, zjistíme, který odstavec menšího tisku je schopen ještě přečíst.

Pro vyšetření centrální zrakové ostrosti do blízka u malých dětí, lze použít stejnou techniku vyšetřování pomocí obrázkových optotypů, Pflugerových háků a Landoltových kruhů, jako u větších dětí nebo dospělých, avšak za použití proporcionálně menších znaků.



Obrázek 19 Jägerova tabulka

[7]

3.3 Optotypy

Vizus zjišťujeme pomocí souboru znaků, které jsou umístěny na podkladu. Soubor znaků nazýváme optotyp. Snellenův optotyp je sestaven z číslic a písmen a patří mezi nejznámější optotypy. Jednotlivé znaky jsou zkonstruovány tak, že jsou zakresleny do čtverce, který se z určité vzdálenosti zobrazuje na sítnici oka pod úhlem $5'$. Tloušťka čáry, která tvoří znak se rovná $1/5$ velikosti strany čtverce a ta odpovídá úhlu $1'$. Snellenovy optotypy odpovídají minimu separabile³. Pflügerovy háky, Landoltovy kruhy, obrázkové optotypy nebo písmena a čísla jsou provedeny podobně.

Znaky na optotypu jsou většinou řazeny do sedmi až devíti řad, které jsou seřazeny sestupně. Na prvním řádku se nacházejí největší znaky. Na každém řádku se nachází číslice s určenou vzdáleností, ze které zdravé oko přečte daný řádek. Paprsky procházející do oka ze vzdálenosti větší než pět metrů považujeme za paralelní (paprsky přicházející z nekonečna), je možné ji zanedbat, jelikož je akomodace minimální. Z tohoto důvodu bývají optotypy umístěny na vzdálenost pěti nebo šesti metrů. Vizus se zaznamenává do zlomku, jehož číselník je roven vzdálenosti, ze které se vyšetřuje, ve jmenovateli se nachází číslice, která je uvedena na optotypu u řádku, který vyšetřovaný ještě přečetl. Znaky optotypů, které jsou sestaveny pro vyšetřovací vzdálenost pět metrů, jsou vypočítány na vzdálenosti: 50; 30; 20; 15; 10; 7,5; 5; 4 a 3 metry. U vzdálenosti šest metrů jsou vypočítány na vzdálenosti: 60; 36; 24; 18; 15; 12; 9, 6 a 4 metry. Byla zavedena mezinárodní desetinná soustava, jelikož vyjádření ve zlomcích je málo přesné ($6/6 = 1,0$; $6/60 = 0,1$).

[9]

3.3.1 Druhy optotypů

3.3.1.1 Optotypy s uplatněním logaritmické řady

Mezinárodní oftalmologická rada navrhla v roce 1972 logaritmické odstupňování optotypů, kde se řádky od sebe liší o $\sqrt[10]{10}$ tj. o 1,2589 (to se rovná $\log 0,1$). Rozdíly řad jsou v souladu s Weber-Fechnerovým zákonem, dochází k lineárnímu vjemu. Jednotlivé stupně vizu u jednotlivých řad, odpovídají soustavě tabulek – samostatná tabulka pro vizus 0,05 a nižší, na dalších samotných tabulkách 0,1; 0,125 a dále pak 0,16; 0,2; 0,25; 0,33 a také 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0.

LogMAR je \log_{10} minimálního úhlu rozlišení (MAR = Minimum Angle of Resolution), rovná se $1/5$ vertikální úhlové velikosti písmene. Písmeno v řádku 6/6 se rovná MAR jedné obloukové minutě a logMAR je 0 ($\log_{10}(1) = 0$). Při nárůstu velikosti písmen v každém řádku o 0,1 připadá na každé z pěti písmen, které jsou v řádku $1/5$, j. 0,02. Jestliže vyšetřovaný čte v tomto řádku špatně jedno písmeno je logMAR 0,02, jestliže čte dvě písmena špatně je logMAR 0,04 atd.

[9]

3.3.1.2 Optotypy s uplatněním aritmetické řady

Při mezinárodním normování byla v roce 1909 zavedena tzv. mezinárodní zkušební tabulka s aritmetickým uspořádáním desetinných zlomků, nekladl se důraz na respektování Weber-Fechnerova zákona. Rozdíl mezi jednotlivými zlomky byl 0,1. Součástí neúplné řady byla čísla: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,5; 2,0. U českých světelných optotypů s vyšetřovací vzdáleností pěti metrů odpovídá aritmetická řada těmto zlomkům: $5/50$; $5/25$; $5/16,5$; $5/12,5$; $5/10$; $5/8,33$; $5/7,14$;

³ Minimum separabile – rozlišovací mez oka

5/6,25; 5/5,55; 5/5; 5/3,33 a u optotypů s vyšetřovací vzdáleností šesti metrů: 6/60; 6/30; 6/20; 6/15; 6/12; 6/10; 6/8,6; 6/7,5; 6/6,7; 6/6; 6/4; 6/3.

Nevýhodou těchto optotypů je, že u nižších hodnot vizu je dělení příliš hrubé. Toto byl problém hlavně pro pacienty s amblyopií. V oblasti s normálními hodnotami vizu byly znaky výrazně zhuštěně. [9]

3.3.1.3 Optotypy s uplatněním Snellenovy řady

Od roku 1890 se používají optotypy ze Snellenova odstupňování. Řada navržená Snellenem má odstupňování: 0,1; 0,16; 0,25; 0,33; 0,5; 0,66; 1,0; 1,33; 2,0. Jestliže přepíšeme odstupňování do zlomků, dostaneme pro vzdálenost pět metrů hodnoty: 5/50; 5/30; 5/20; 5/15; 5/10; 5/7,5; 5/5; 5/4 a pro vzdálenost šest metrů jsou hodnoty: 6/60; 6/36; 6/24; 6/18; 6/15; 6/12; 6/9; 6/6; 6/4.

Nevýhodami těchto optotypů je počet písmen na řádcích, které stoupají od jednoho, tj. 6/60, na osm, tj. 6/4, je známo, že lépe se čte písmeno, které není obklopeno jinými písmeny; různá písmena nejsou stejně čitelná; horizontální vzdálenost mezi jednotlivými písmeny v řádcích není úměrná jejich šířce (kolísá mezi 40–120 %); vertikální vzdálenost mezi řádky neodpovídá velikosti písmen, tabulky nemají písmena menší než 6/5, přestože většina mladých lidí má vizus lepší než 6/4.

[9]

3.4 Jas optotypu

Jas je fotometrická veličina, která je definovaná jako měrná veličina svítivosti. Označujeme ji L a udává se v jednotkách cd/m^2 (*kandely na m^2*). Jas definujeme vztahem:

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha},$$

kde dI je svítivost, dS je skutečná velikost plochy a α je úhel mezi plochou a určitým směrem.

Vizus je závislý na střední úrovni jasu optotypu, proto by měly mít optotypy pro vyšetřování doporučenou úroveň jasu. Pro nové optotypy by měl být jas na pozadí až 150 cd/m^2 .

[11]

3.5 Kontrast písmen

Vizus je ovlivněn úrovní kontrastu mezi objektem a jeho pozadím. Kontrast definujeme vztahem:

$$C = \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{L_{MAX}},$$

kde je L_{MAX} jas bílého pozadí a L_{MIN} je jas písmen. Kontrast nabývá hodnot v rozsahu $0 \leq C \leq 1$, může být vyjádřen i v procentech. Doporučená hodnota pro minimální kontrast je 0,9 (90 %). Hodnota 0,84 je nejnižší přijatelný kontrast pro Snellenovy optotypy pro normální měření zrakové ostrosti (vizus).

[11]

3.6 Refrakční vady oka

Refrakční vady oka jsou stejně staré jako lidstvo. Korigují se brýlemi, o nichž nalézáme první zmínky v polovině 14. století. Refrakce není u člověka stálá. Hlavní roli při vzniku refrakčních vad hraje dědičnost.

Oko, které není zatíženo žádnou refrakční vadou, nazýváme emetropické. Refrakční vady oka způsobují menší vedlejší obtíže. Obraz je rozmazaný, zamlžený a oko tuto vadu nedokáže korigovat. Oční obtíže se mohou projevovat pocitem tlaku v oku, palčivosti, nepohodlí, apod. Odpočinek nebo také protření očí vede pouze k dočasné úlevě. Víčka a okolí mohou být oteklá, zduřelá, začervenala, rovněž může docházet k zánětům okrajů víček. Ostatní obtíže mohou být bolesti hlavy a také se může objevit migréna.

Refrakční vady oka jsou způsobeny hlavně špatnými vlastnostmi jeho lomivosti. Paprsky, které vstupují do oka, nejsou centrovány na sítnici a neleží na ni tedy ohnisko optické soustavy oka. Nejčastější problémy jsou způsobené osovými vadami oka, tzn. lomivá prostředí, která jsou v pořádku, ale oko má různou délku. Refrakční vady i osově vady se projevují stejně a mohou se kombinovat.

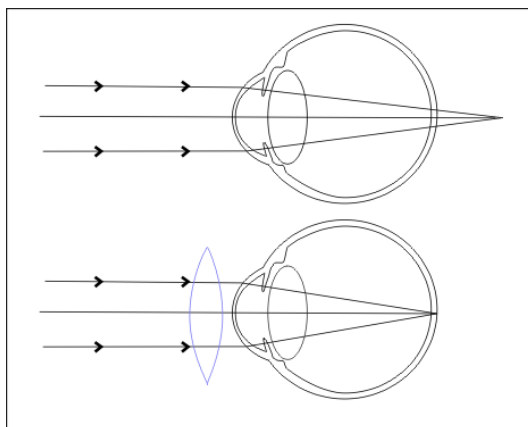
Prvním předpokladem úspěšného léčení je pečlivé vyšetření nemocného u odborného lékaře. Obtíže vznikají převážně u malých refrakčních vad, které snadno unikají pozornosti. U velkých anomálií bývá často příčinou obtíží nedokonalá korekce, která činí z velkých vad vadu malou. Oko není možné léčit jako izolovaný optický přístroj, ale jako součást celého těla. Léčení očních vad je složitou záležitostí, která vyžaduje nejen důkladné teoretické znalosti, ale také i bohaté zkušenosti v praxi.

[10], [12]

3.6.1 Hypermetropie

Hypermetropie neboli dalekozrakost. Patří mezi vady sférické. Paprsky se sbíhají za sítnicí, oko je relativně krátké. Hypermetropie se napravuje spojkami. Obraz je proto nezřetelný, zamlžený, a protože vzniká blíže k uzlovému bodu, je tedy i menší.

[10]

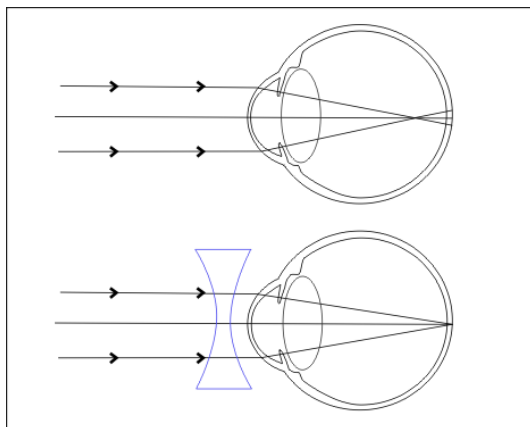


Obrázek 20 Horní obr. – hypermetropie, spodní obr. – hypermetropie napravená spojkou [A]

3.6.2 Myopie

Myopie neboli krátkozrakost. Patří mezi vady sférické. Paprsky, které vstupují do oka, se protnou před sítnicí. Myopie se napravuje rozptylkami. Nejčastější příčinou myopie je prodloužení předozadní osy (osová, axiální myopie). Klinicky se myopie projevuje neostrým viděním do dálky při dobrém vidění do blízka.

[10]



Obrázek 21 Horní obr. – myopie, spodní obr. – myopie napravená rozptylkou [B]

3.6.3 Astigmatismus

Astigmatismus je refrakční vada asférická, při které rovnoběžné paprsky přicházející k oku nemají své ohnisko ve stejné rovině. Příčinou astigmatismu může být vada zakřivení, nesprávná centrace nebo index lomu. Tím vzniká na sítnici neostrý a nepřesný obraz a to i při pohledu do dálky i do blízka. Dítě s astigmatismem nezná normální tvary písmen, vnímá je jako protažené, neostré a deformované. Tato vada se většinou napravuje torickými čočkami.

[7], [10]

3.7 Strabismus a amblyopie

Strabismus neboli šilhání. Jeho léčba je významnou součástí dětského očního lékařství. Strabismem je postihnuta 4–6 % populace. Asi u 50 % postižených najdeme amblyopii neboli tupozrakost. Pokud u strabismu zjistíme nebo předpokládáme amblyopii, je nutné začít ihned s léčbou.

3.7.1 Strabismus

Strabismus je stav, kdy při fixaci daného předmětu na blízko nebo do dálky se osy vidění neprotínají ve stejném bodě. Strabismus je porucha zejména funkční, navenek provázená asymetrickým postavením očí. Klinické formy strabismu jsou velice různotvárné, proto jej můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:

A. Dynamický strabismus (konkomitující)

- Pohyblivost očí je ve všech pohledových směrech bez omezení a není přítomno dvojité vidění (diplopie).
- Objevuje se nečastěji do 3 let věku.

B. Paralytický strabismus (inkomitantní)

- Typická porucha hybnosti jednoho nebo obou očí.
- Může být vrozený nebo získaný.

[12], [13]

3.7.2 Amblyopie

Amblyopie je vada, při které dochází ke snížené schopnosti vidění jednoho nebo obou očí. Optické dráhy přenášející zrakové podněty z oka do mozku nejsou úplně vyvinuty. Amblyopie postihuje 2–4 % dětské populace. Pokud tato vada není léčena, může v budoucnu dojít k oslepnutí.

Stupně amblyopie:

- A. Těžká – vizus horší než 6/60.
- B. Střední – vizus od 6/60 do 6/18.
- C. Lehká – vizus od 6/18 do 6/8.

Příčinou amblyopie je nepoužívání oka k vidění. Vidění se zlepšuje za šera, útlum postihuje zejména centrální vidění, je porušena rozlišovací schopnost (oko rozezná lépe samotné znaky než znaky v řádku).

[14]

3.8 Pleoptické cvičení

Pleoptické cvičení je léčebná terapie, která se používá při léčbě amblyopie. Zaměřuje se na aktivní procvičování amblyopického oka. Zdravé oko je zakryto tzv. okluzorem. Pleoptické cvičení spočívá v jednoduchých cvičeních zaměřené na zlepšení prostorové orientace, rozvoj barvocitu nebo vnímání světelných podnětů apod. Pleoptické cvičení se dělí na pasivní a aktivní léčbu.

[14], [15]

3.8.1 Aktivní léčba

Dítě, které trpí amblyopií aktivně, provádí různé úkoly postiženým okem na blízko za pomoci hmatu, sluchu nebo paměti. Tuto léčbu provádíme u dětí předškolního věku nezávisle na fixaci. Dítě může cvičit za dozoru rodičů v domácím prostředí nebo pod dozorem ortoptisty v pleopticko-ortoptických cvičebnách. Cvičení by nemělo přesáhnout 30 minut, jelikož dítě neudrží svou pozornost. Cílem těchto cvičení je, aby byla zajímavá, zábavná, pestrá a hlavně musí být přizpůsobena hloubce amblyopie.

Mezi jednoduchá pleoptická cvičení patří:

- Sestavování stavebnic nebo mozaiky.
- Obkreslování a vypichování obrázkových předloh.
- Navlékání korálků.
- Modelování z plastelíny nebo hlíny.
- Pilování a šroubování.
- Vystřihování obrázků apod.

Lze používat také společenské hry (šachy, dáma, domino). K aktivní pleoptice patří i Starkiewiczova lokalizační cvičení, která jsou založená na svazku:

- Oko-ruka: různé druhy míčových her (házená, stolní tenis, prohazování míčků otvorem).
- Oko-noha: kopaná, chůze po čáře.

[12], [13]

3.8.2 Pasivní léčba

Jestliže nevede aktivní léčba u mladších dětí k vyléčení amblyopie, specialista ordinuje inverzní okluzi (nepřímá okluze). Mezi 5. – 6. rokem života, provádíme téměř výhradně ústavně pasivní pleoptickou léčbu 2krát – 3krát denně 1/2 hodiny. Postižený má před začátkem léčení úplnou inverzní okluzi na 1–3 měsíce, poté se léčí 3–4 týdny podle Bangerterovy a Cüppersovy metody. Mimo cvičení má postižený pořád inverzní okluzi.

3.8.2.1 Léčba Bangerterovou metodou

Léčení pleoptoforem. Principem je kombinace oslnění excentrického místa sítnice s přímou stimulací fovey⁴, který má překonat centrální útlumový skotom⁵. Metoda vyžaduje od postiženého jen soustředěnou fixaci vedoucím okem, a proto lze pleoptoforem léčit děti do pěti let věku. Oslnění trvá 1 minutu, následný skotom 7–15 minut. Postižený postupně soustřeďuje svou pozornost na centrální světelný podnět.

⁴ Fovea – centrální jamka sítnice

⁵ Skotom – místo na sítnici, které nereaguje na světlo

Léčba centroforem. Přístroje používáme při centrální fixaci nebo centru blízké fixace. Nesmí existovat centrální skotom nebo má být už předešlou léčbou z větší části rozrušen. Přístroj upevňuje centrální fixaci, které se dosáhlo cvičením na pleoptoforu. Postižený sleduje otáčející se světelnou spirálu.

3.8.2.2 Léčba Cüppersovou metodou

Léčení euthyskopem. Tato metoda je pro lékaře nebo ortoptistu časově náročná a velmi namáhavá. Vyžaduje větší spolupráci s postiženým, proto se dají cvičit děti od sedmi let věku s normálním IQ. Na amblyoptickém oku je relativně i absolutně snížená citlivost centrální části sítnice, také je značně zhoršeno vedení vzruchu. Při cvičení se snažíme euthyskopem pomocí paobrázků⁶ zlepšit jak dominanci makuly, tak i vedení vzruchů.

Léčení Crüppersovým stolním koordinátorem. Přístroj slouží k upevnění centrální fixace, které se dosáhlo cvičením pomocí euthyskopu, proto léčba koordinátorem navazuje na cvičení pomocí paobrázků nebo se může přímo provádět u amblyopie s nestálou centrální nebo parafoveolární fixací. Odlehlost od centra musí být nejvýše 1° – 3° , jelikož se jinak vnímá Haidingerův svazek. Postižený musí chápat, o co jde, což vyžaduje danou vyspělost (cca od sedmi let věku). Pouze zdravá makula je schopna vidět Haidingerův svazek, což je entoptický jev vyvolaný tehdy, pozoruje-li se skrz modrý filtr otáčející se polarizované světlo. V polozatměné místnosti se nejdříve okluduje postižené oko a vyšetřovaný hledí zdravým okem do přístroje a popisuje, co vidí. Jestliže je popis správný zakryje se vedoucí oko, zda nemocný vidí Haidingerův svazek postiženým okem.

[12], [13], [15]

⁶ Paobrázek – očí klam

4 TEORETICKÝ NÁVRH MOBILNÍ APLIKACE

Aplikace bude primárně ovládat lékař a zdravotní sestra a měla by být vytvořena pro mobilní zařízení. Pro lepší čtení by se mělo jednat o mobilní zařízení s větším displejem. Minimální velikost displeje pro lepší čitelnost by se mělo jednat o úhlopříčku 10,1 palce a více palců. Mělo by se jednat o tablet s OS Android a aplikace by tedy měla být vytvořena v Android Studiu. OS Android je nejrozšířenějším OS na trhu, proto bude aplikace naprogramovaná pro tento OS.

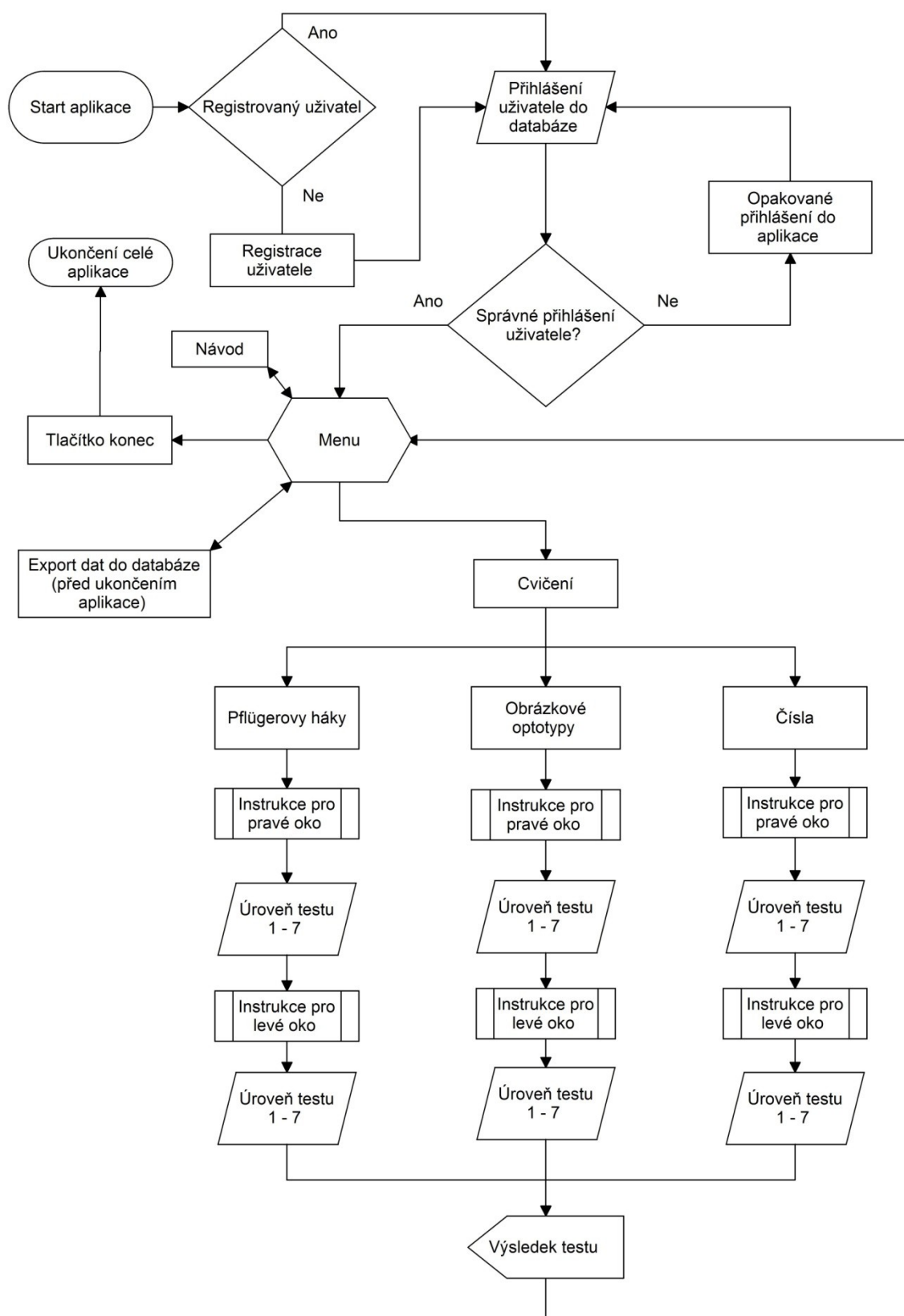
Vzdálenost vyšetřovaného pacienta od zařízení bude 6 metrů. Aplikace bude obsahovat tři vyšetřovací testy a to:

- Obrázkové optotypy.
- Pflügerovy háky.
- Čísla.

4.1 Vysvětlení blokového diagramu aplikace

Aplikace bude uzpůsobena až po verzi OS Android 6.0 (Marshmallow). Proto bude možné tuto aplikaci používat i na jiných zařízeních. Jediná nevýhoda bude ta, že cílové zařízení musí mít stejné technické specifikace (rozměr displeje a pixely, apod.). Pokud nebudou dodrženy základní technické údaje zařízení, bude pravděpodobné, že obsah samotné aplikace bude rozhozený. Aplikace bude automaticky navrhnutá na šířku, jelikož se tablet takto lépe ovládá.

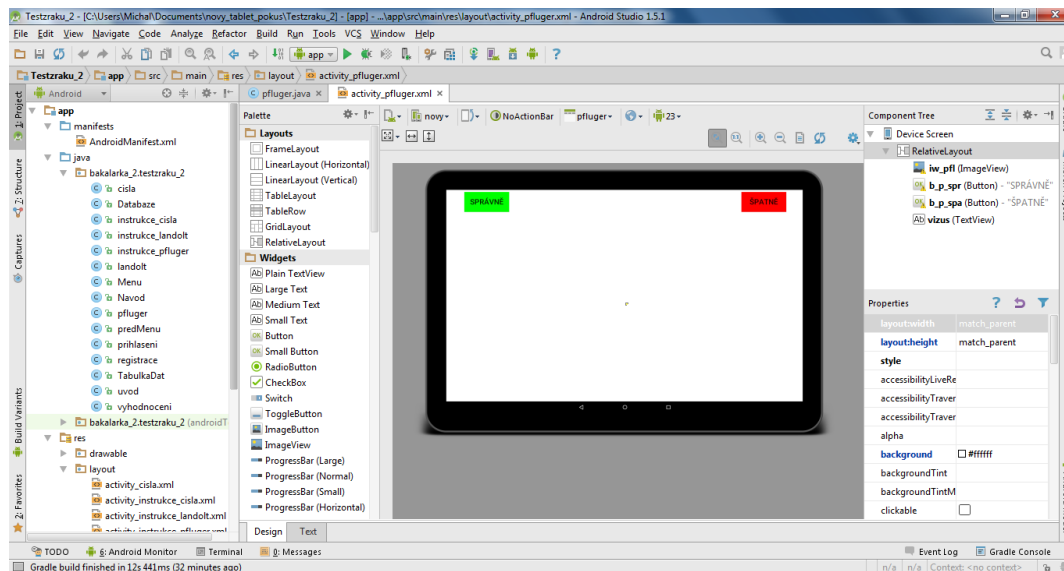
V blokovém diagramu znázorňují funkci aplikace, a jak bude aplikace propojena, viz obrázek 22. Při startu aplikace může dojít ke dvěma situacím. Při první situaci pacient užívá aplikaci poprvé, proto bude nutné, aby se zaregistroval. Poté se již bude moci přihlásit do aplikace za pomoci zaregistrovaných údajů. Při druhé situaci bude již pacient registrován, a proto si bude moci rovnou přihlásit a začít užívat aplikaci. Pokud pacient nezadá správné údaje, aplikace si vyžádá opětovné zadání přihlašovacích údajů. Po správném zadání přihlašovacích údajů se pacient dostane do hlavního menu. Z hlavního menu bude moci přejít na cvičení, návod, export popřípadě může ukončit aplikaci. Ve cvičení bude možné si vybrat ze tří testů: Pflügerovy háky, čísla a obrázkové optotypy. Po výběru testu se zobrazí instrukce pro levé oko, s pokyny jak provést úspěšně daný test. Poté proběhne test levého oka, následně se zobrazí instrukce pro pravé oko a proběhne test pravého oka. Testování každého oka bude po sedmi úrovních vizusu. Po dokončení celého testu se zobrazí výsledek testu. Po zhlednutí se vrátíme na hlavní menu, kde se dají výsledky testu exportovat do databáze pomocí e-mailu, anebo pokračovat v novém testu. Aby bylo možné vyhodnotit úspěšnost a kvalitu aplikace, bude muset dát zdravotní sestra vždy export.



Obrázek 22 Blokové schéma aplikace

5 NÁVRH A REALIZACE APLIKACE

Aplikace byla vytvořena v Android Studio, viz obrázek 23 . Funguje pouze pro OS Android a je uzpůsobeno pro tablet značky Lenovo Tab 2 A10-70, který byl zapůjčen FNO (technické specifikace tabletu viz níže).



Obrázek 23 Vývojové prostředí Android Studia

5.1 Základní technické specifikace tabletu

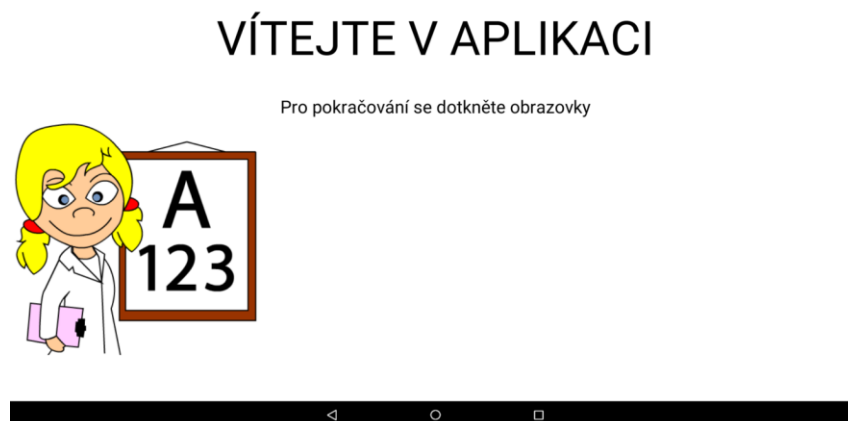
Výrobce:	Lenovo
Typ:	Tab 2 A10-70
Úhlopříčka displeje:	10,1 palců
Rozlišení displeje:	1200 x 1920 pixelů
Rozměry tabletu:	247 x 171 x 8.9 mm
OS:	Android, v4.4.4 (KitKat) s možností aktualizace na v5.0 (Lollipop)



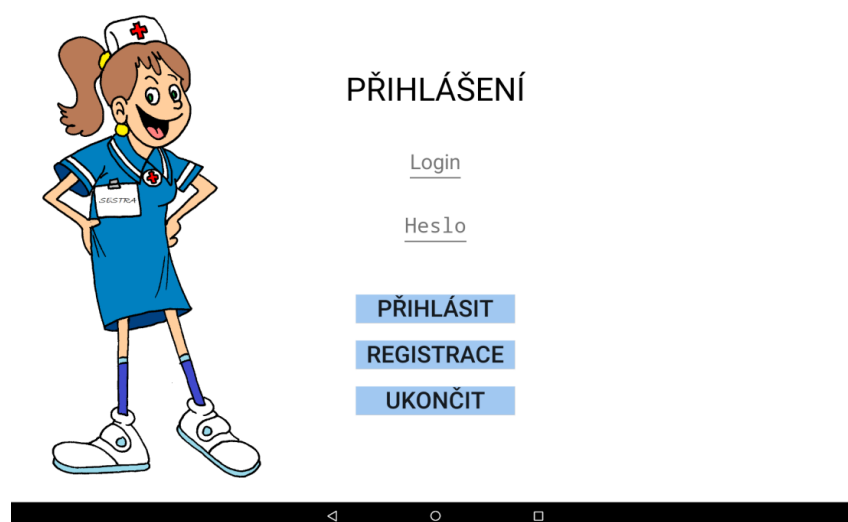
Obrázek 24 Lenovo TAB 2 A10-70 [C]

5.2 Popis aplikace

Při spuštění aplikace se zobrazí úvodní obrazovka, viz obrázek 25. Po kliknutí na obrazovku se zobrazí přihlášení, viz obrázek 26. Práva přístupu do aplikace jsou jednotná jak pro vyšetřované pacienty, tak i pro zdravotnický personál. Do aplikace se totiž přihlašuje nebo registruje vždy jen pacient a zdravotnický personál provádí dohled nad správností provedení jednotlivých vyšetřovacích testů.



Obrázek 25 Úvodní obrazovka



Obrázek 26 Přihlášení pacienta

Přihlásit pacienta lze jen v případě, jestliže se pacient už někdy zaregistroval a má přihlašovací údaje (login a heslo). Pokud pacient zaregistrovaný není, musí přejít na registraci, viz obrázek 27.

Login

Heslo

Potvrzení hesla

Jméno


Příjmení

Datum narození

Registrační kód

REGISTRACE

REGISTROVAT



Obrázek 27 Registrace pacienta

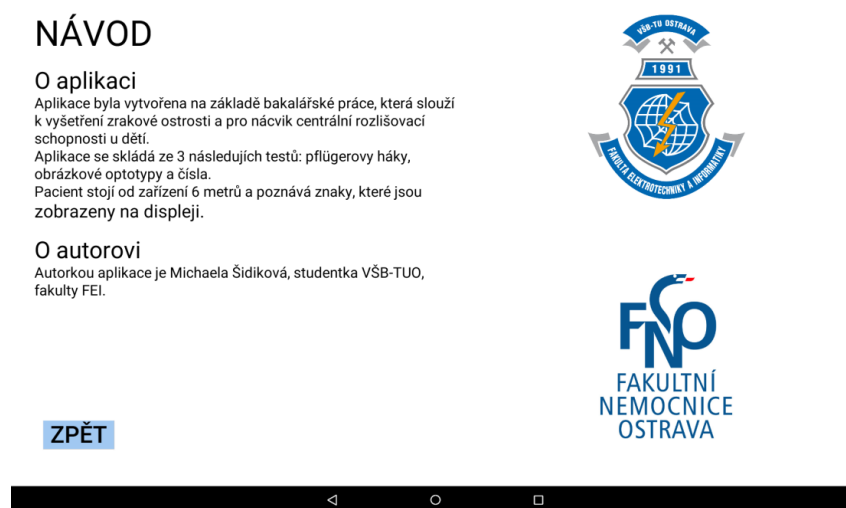
V registraci se pacient zaregistruje podle požadavků uvedených na obrazovce, s vyplněním může pomoci i zdravotní sestra. Registrační kód je v této aplikaci univerzální, který zná zdravotní sestra a je pro registraci nezbytný (registrační kód je 2222). Po správném vyplnění údajů je pacient zaregistrován a může přejít znovu do přihlášení, zobrazí se tedy obrazovka s přihlášením, viz obrázek 26. Pacient se přihlásí pod svými údaji, pod kterými se zaregistroval. Zadá-li přihlašovací údaje nesprávně, je vyzván k opětovnému zadání. V případě nesprávného zadání přihlašovacích údajů je počet opakování neomezený. Po správném zadání přihlašovacích údajů se zobrazí na obrazovce menu, viz obrázek 28.

Údaje spojené s registrací jsou uloženy v aplikaci a následně po dokončení testů se uloží i s výsledkem testu i tyto registrační údaje po kliknutí na tlačítko export, viz obrázek 28.



Obrázek 28 Menu aplikace

V menu si pacient vybere z několika možností. První možnost je cvičení, kde se nachází jednotlivé testy. Druhá možnost je návod, ve kterém se nachází informace o aplikaci a také o autorovi, viz obrázek 29. Tento návod by si měl přečíst každý před spuštěním prvního testu. Třetí možnost je export dat, který slouží k zaslání výsledků testu do databáze. Poslední možnost je tlačítko konec, kterým se ukončuje celá aplikace.



Obrázek 29 Návod aplikace

Na obrázku 29 jsou údaje o aplikaci a o autorovi, aby se dostal pacient zpět do menu, musí kliknout na tlačítko zpět, které ho vrátí na úvodní obrazovku (menu aplikace).

VYBERTE SI Z NÁSLEDUJÍCÍCH TESTŮ

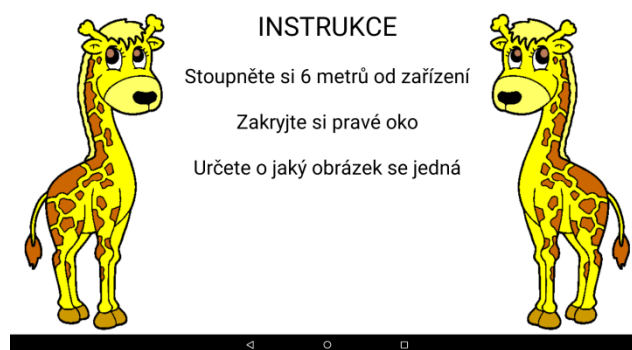


Obrázek 30 Výběr z testů

Z obrázku 30 je patrné, že si pacient může vybrat ze tří testů (Pflügerovy háky, čísla a obrázkové optotypy) nebo výběr určí zdravotní sestra na základě dovednosti pacienta. Po spuštění jednotlivých testů se zobrazí obrazovka s instrukcemi, viz obrázek 31, obrázek 32, obrázek 33. Každý test nejdříve testuje levé oko a poté pravé oko. Při změně levého oka za pravé oko se opět zobrazí na obrazovce instrukce.



Obrázek 31 Instrukce pro „Pflügerovy háky“ – levého oka a pravého oka

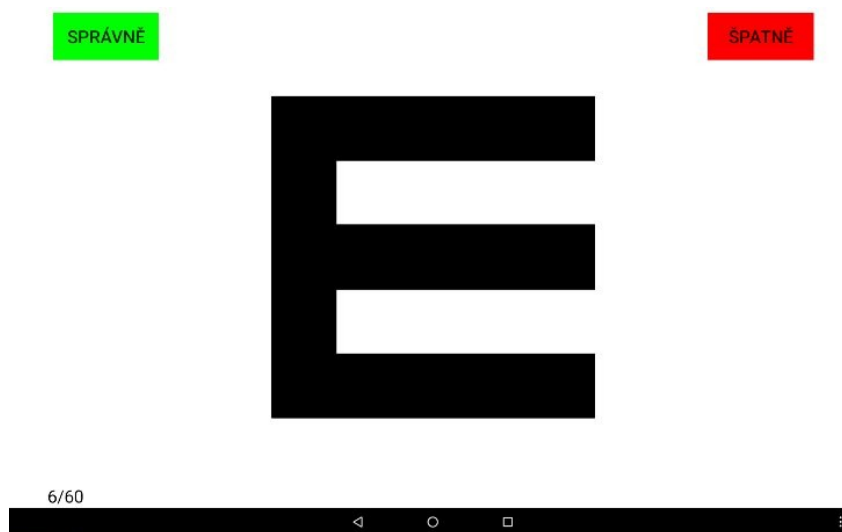


Obrázek 32 Instrukce pro „obrázkové optotypy“ – levého oka a pravého oka



Obrázek 33 Instrukce pro „čísla“ – vyšetření levého oka a pravého oka

První test - „Pflügerovy háky“. Po důkladném prostudování instrukcí a kliknutí na obrazovku přechází pacient na samotný test. Testování spočívá ve správném určení směru nožiček znaku E, které se v průběhu testu otáčí do čtyř směrů (levý, pravý, horní a dolní směr) a postupně se zmenšuje podle daného vizusu. První úroveň je 6/60 a postupuje až na hodnotu 6/6. (6/60, 6/36, 6/24, 6/18, 6/12, 6/9, 6/6), viz obrázek 34 a obrázek 35. Tyto úrovně jsou shodné jak pro levé oko, tak i pro pravé oko. Aby byla daná úroveň splněna, zdravotní sestra musí kliknout na jednu z možností „správně“ nebo „špatně“. Poté se zobrazí další zmenšená úroveň. Znaky jsou náhodně vygenerovány tak, aby si je pacient nemohl zapamatovat. Test by měl proběhnout celý, aby se na konci zobrazilo vyhodnocení testu, viz obrázek 40. V případě přerušení testu před dokončením musí být test opět proveden od začátku.



Obrázek 34 Test „Pflügerové háky“ – 6/60

SPRÁVNĚ

ŠPATNĚ



6/6



Obrázek 35 Test „Pflügerové háky“ – 6/6

Druhý test - „čísla“. Po důkladném prostudování instrukcí a kliknutí na obrazovku přechází pacient na samotný test. Testování spočívá ve správném určení čísel (1–9), které se v průběhu testu postupně zmenšují podle daného vizusu. První úroveň je 6/60 a postupuje až na hodnotu 6/6. (6/60, 6/36, 6/24, 6/18, 6/12, 6/9, 6/6), viz obrázek 36 a obrázek 37. Tyto úrovně jsou shodné jak pro levé oko, tak i pro pravé oko. Aby byla daná úroveň splněna, zdravotní sestra musí kliknout na jednu z možností „správně“ nebo „špatně“. Poté se zobrazí další zmenšená úroveň. Čísla jsou náhodně vygenerována tak, aby si je pacient nemohl zapamatovat. Test by měl proběhnout celý, aby se na konci zobrazilo vyhodnocení testu, viz obrázek 40. V případě přerušení testu před dokončením musí být test opět proveden od začátku.

SPRÁVNĚ

ŠPATNĚ



6/60



Obrázek 36 Test „čísla“ – 6/60

SPRÁVNĚ

ŠPATNĚ

6

6/6

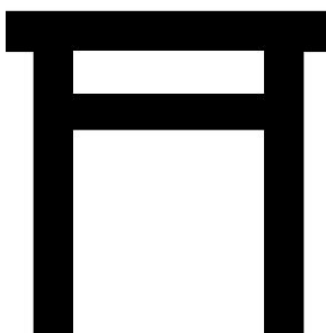


Obrázek 37 Test „čísla“ – 6/6

Třetí test - „obrázkové optotypy“. Po důkladném prostudování instrukcí a kliknutí na obrazovku přechází pacient na samotný test. Testování spočívá ve správném určení obrázků (domeček, kolečko, židle, stůl a čtverec), které se v průběhu testu postupně zmenšují podle daného vizusu. První úroveň je 6/60 a postupuje až na hodnotu 6/6. (6/60, 6/36, 6/24, 6/18, 6/12, 6/9, 6/6), viz obrázek 38 a obrázek 39. Tyto úrovně jsou shodné jak pro levé oko, tak i pro pravé oko. Aby byla daná úroveň splněna, zdravotní sestra musí kliknout na jednu z možností „správně“ nebo „špatně“. Poté se zobrazí další zmenšená úroveň. Obrázkové optotypy jsou náhodně vygenerovány tak, aby si je pacient nemohl zapamatovat. Test by měl proběhnout celý, aby se na konci zobrazilo vyhodnocení testu, viz obrázek 40. V případě přerušení testu před dokončením musí být test opět proveden od začátku.

SPRÁVNĚ

ŠPATNĚ



6/60



Obrázek 38 Test „obrázkové optotypy“ – 6/60

SPRÁVNĚ

ŠPATNĚ





6/6

Obrázek 39 Test „obrázkové optotypy“ – 6/6

Po ukončení každého ze tří testů se zobrazí na obrazovce vyhodnocení daného testu, viz obrázek 40. Vyhodnocení je rozdělené na dvě části, zvlášť pro levé a pro pravé oko. Vyhodnocení je pro každou úroveň vizusu (6/60, 6/36, 6/24, 6/18, 6/12, 6/9, 6/6). V případě určení správného znaku v dané úrovni podle zvoleného testu se ve vyhodnocení dané úrovně přiřadí hodnota „správně“, jestliže pacient v jakékoliv úrovni určí znak špatně, přiřadí se hodnota „špatně“. Například jestliže pacient určí znak správně v úrovni 6/18, zobrazí se ve vyhodnocení u úrovně 6/18 hodnota „správně“, v případě nesprávného určení se ve vyhodnocení zobrazí hodnota „špatně“. Vyhodnocení je stejné pro všechny tři testy. Po kliknutí na obrazovku se zobrazeným vyhodnocením se vyhodnocení ukončí a zobrazí se menu, viz obrázek 28, kde si může pacient vybrat buď další cvičení, anebo zdravotní sestra může uložit data do databáze přes tlačítko export.

VYHODNOCENÍ

	Pro levé oko	6/60	správně	
		6/36	správně	
		6/24	správně	
		6/18	správně	
		6/12	správně	
		6/9	správně	
		6/6	správně	
	Pro pravé oko	6/60	správně	
		6/36	správně	
		6/24	správně	
		6/18	správně	
		6/12	správně	
		6/9	správně	
		6/6	správně	

Obrázek 40 Vyhodnocení testu

5.3 Ukázky kódů

Kód celé aplikace v Android Studiu je příliš obsáhlý, jelikož se dělí do několika aktivit (do několika tříd), proto tento kód neleze ukázat celý. Celý kód je součástí bakalářské práce a bude umístěn na CD. V této části vysvětlím jen důležitou část kódu.

Obrázek 41 znázorňuje zmenšení a načítání Pflügerového háku. Zvolila jsem zapsání dat do polí, kde každé pole je jeden směr o stejném zmenšení. Ukázka je jen pro největší velikost. Pro ostatní znaky se data zapisují obdobně.

```
nacist_data();
iw_pfl = (ImageView) findViewById(R.id.iw_pfl);

pole_o[0][0] = R.drawable.o1e777;
pole_o[0][1] = R.drawable.o2e777;
pole_o[0][2] = R.drawable.o3e777;
pole_o[0][3] = R.drawable.o4e777;

pole_no[0][0] = "o1e777";
pole_no[0][1] = "o1e777";
pole_no[0][2] = "o1e777";
pole_no[0][3] = "o1e777";
```

Obrázek 41 Načítání a zmenšování znaku

Obrázek 42 znázorňuje náhodné zobrazení znaků (směr), tak aby bylo zabráněno opakování stejného testu.

```
void gen_nahodnych_o() {

    b_vizus.setText(vizus[uroveň]);
    uroveň++;

    Random gnc = new Random();
    int nc = gnc.nextInt(3 - 0 + 1) + 0;
    iw_pfl.setImageResource(0);
    iw_pfl.setImageResource(pole_o[uroveň - 1][nc]);
    iw_pfl_n = pole_no[uroveň - 1][nc];
}
```

Obrázek 42 Náhodné zobrazení znaku

Obrázek 43 znázorňuje zápis dat do vyhodnocení, kdy při správné určení znaku se vypíše hodnota „správně“ a v případě nesprávného určení znaku se vypíše hodnota „špatně“.

```
public String int_to_string_hodnoceni(int h){  
    String hodnoceni = "";  
    if(h==1) hodnoceni = "správně"; else hodnoceni = "špatně";  
    return hodnoceni;  
}
```

Obrázek 43 Zapsání hodnoty do vyhodnocení

Obrázek 44 znázorňuje intenzitu jasu na tabletu. Intenzita jas se automaticky nastaví na hodnotu 100 % před započítáním vyšetřovacího testu.

```
WindowManager.LayoutParams layout = getWindow().getAttributes();  
layout.screenBrightness = 1f;  
getWindow().setAttributes(layout);
```

Obrázek 44 Intenzita jasu

6 ELEKTRONICKÁ DATABÁZE

Databáze je lokální a pracuje jen pro tuto aplikaci. Nejdříve se musí pacient přihlásit, anebo registrovat v aplikaci. Do databáze se vypisuje číslo cvičení, datum cvičení, typ cvičení, login (pod kterým pacienta zdravotní sestra zaregistrovala), heslo, jméno, příjmení a datum narození pacienta. Po dokončení testu se do databáze vypíše i vizus pro levé a pravé oko. Výsledky jsou po dokončení testu posílány přes export na e-mail, který byl v aplikaci předem naprogramován.

Cislo_cv	Datum_cv	Typ_cv	L_6_60	L_6_36	L_6_24	L_6_18	L_6_12	L_6_9	L_6_6	P_6_60	P_6_36	P_6_24	P_6_18	P_6_12	P_6_9	P_6_6
1	8.4.2016	Pflugger	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
Login	Heslo	jakub	Příjmení	26.8.2009												
Cislo_cv	Datum_cv	Typ_cv	L_6_60	L_6_36	L_6_24	L_6_18	L_6_12	L_6_9	L_6_6	P_6_60	P_6_36	P_6_24	P_6_18	P_6_12	P_6_9	P_6_6
1	8.4.2016	Pflugger	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
Login	Heslo	martin	Příjmení	10.11.2011												
Cislo_cv	Datum_cv	Typ_cv	L_6_60	L_6_36	L_6_24	L_6_18	L_6_12	L_6_9	L_6_6	P_6_60	P_6_36	P_6_24	P_6_18	P_6_12	P_6_9	P_6_6
1	8.4.2016	Pflugger	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
Login	Heslo	nela	Příjmení	29.1.2011												

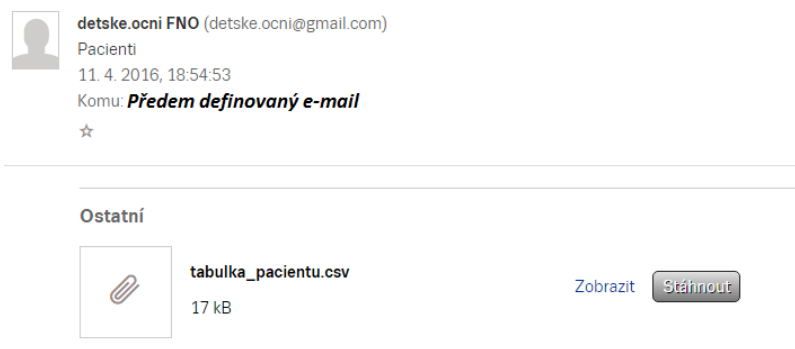
Obrázek 45 Ukázka výstupu z databáze

Na obrázku 45 jsem zvýraznila tyto informace z důvodu lepší orientaci ve výpisu:

- červeně – jméno a datum narození pacienta,
- modře – typ cvičení,
- žlutě – vyhodnocení levého oka,
- zeleně – vyhodnocení pravého oka.

Aby nebyla porušena práva o poskytování osobních údajů v uvedené databázi na obrázku 45, musela jsem uvedené osobní údaje vymazat (příjmení, login a heslo). Pro lepší orientaci a ukázkou výstupu databáze jsem vybrala tři pacienty z třiceti.

Na předem nadefinovaný e-mail budou zaslány výsledky a osoba znalá přihlašovací údaje (lékař, zdravotní sestra) si může tato data z databáze vytisknout. Soubor, který se zašle na e-mail, viz obrázek 46, je pojmenován: tabulka_pacientu.csv. Soubor s příponou .csv lze otevřít v MS Excel. Soubor s databází není volně přístupný pacientům, proto není chráněn heslem. Výsledky testu včetně registračních údajů jsou řazeny pod sebou podle data provedení (tabulka se s přibývajícími vyšetřeními postupně doplňuje). V případě opětovného přihlášení již registrovaného pacienta a provedení následného vyšetření se pod předchozí výsledky vygeneruje další řádek tak, aby byla snadnější orientace, kolik testů pacient absolvoval a bylo možné rychle a efektivně srovnat výsledky zda se pacientovi zrak zhoršil nebo zlepšil.



Obrázek 46 Zaslaný soubor na nadefinovaný e-mail

Export dat je možný dvěma způsoby. První možnost je pomocí tlačítka „Export“ v hlavním menu, kdy se exportuje do databáze jednotlivý pacient po provedení testu. Druhá možnost je export více pacientů najednou a to tak, že se do přihlášení „Login“ zadá hodnota: exportdatabase, heslo zůstává prázdné a k odeslání použijeme tlačítko „Přihlásit“. Po provedení tohoto příkazu se provede export všech testů najednou. Pro samotný export databáze je potřeba mít internetové připojení. Tablet disponuje pouze připojením Wi-Fi, a proto je export možný jen přes tuto funkci.

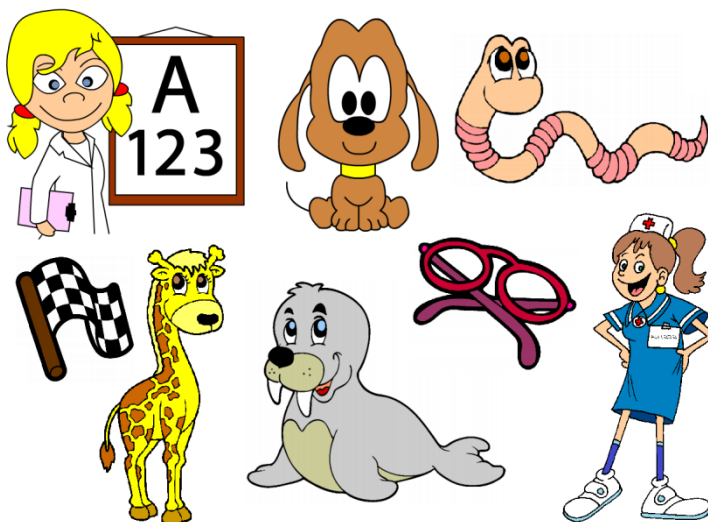
7 GRAFICKÉ UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ APLIKACE

Aplikaci jsem navrhla tak, aby byla dobře čitelná, a proto jsem zvolila bílé pozadí v celé aplikaci. Na bílém pozadí je černé písmo, které bylo jako základní písmo pro Android Studio. Grafické uživatelské rozhraní aplikace jsem vytvořila přívětivě pro dětské pacienty, aby je nic nerozptylovalo od testování. Na každé obrazovce je vždy alespoň jeden obrázek, viz obrázek 47.

Obrysy pro obrázky, které jsem použila do aplikace, jsem stáhla online na webové stránce. Poté jsem je v programu Malování upravila a vybarvila, viz obrázek 48.



Obrázek 47 Hlavní obrazovky



Obrázek 48 Výběr obrázku pro aplikaci [D]

Pro obrázky a znaky testu, jsem používala vektorovou grafiku. Na internetových stránkách jsem si stáhla oficiální 30 denní zkušební verzi programu Adobe Illustrator, který jsem použila pro tvorbu

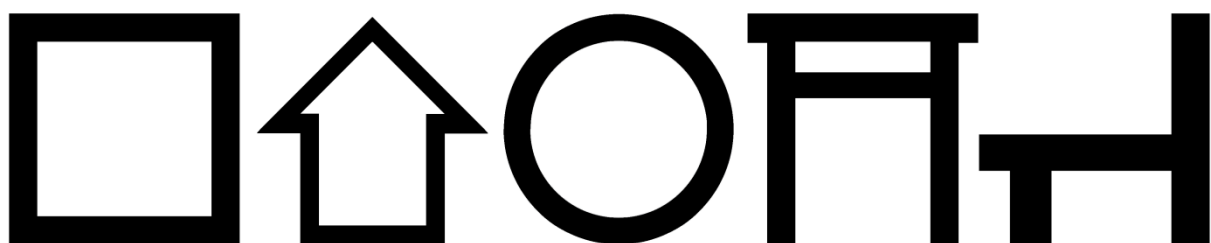
vyšetřovacích znaků, viz níže. Vektorová grafika je velmi přesná a je založena na definování přesných geometrických útvarů. Vyšetřovací znaky jsem kreslila podle předlohy, kterou jsem dostala od oční kliniky FNO. Ukázky mých vytvořených Pflügerových háků, čísel a obrázkových optotypů jsou uvedeny, viz obrázek 49, obrázek 50 a obrázek 51.



Obrázek 49 Vytvořené „Pflügerovy háky“



Obrázek 50 Vytvořená „čísla“



Obrázek 51 Vytvořené „obrázkové optotypy“

7.1 Velikost znaků a kontrast displeje

K vypočítání velikosti znaku jsem použila obecný vzorec:

$$A = B \cdot C$$

Kde A je rozměr, který potřebujeme vypočítat, B je úroveň znaku (*cm*) a C je 1 *cm* na dílek pro zařízení.

Příklad pro největší znak na tabletu Lenovo Tab 2 A10-70, které má rozlišení 1920 x 1200 pixelů:

$$A = 8,8 \cdot 88,3$$

$$A = 777$$

Pozn. pro 1 cm vychází hodnota 88,3 pixelů.

Jelikož se jedná o čtverec, jsou všechny vypočítané rozměry v poměru 1:1, tudíž pro největší hodnotu je rozměr 777 x 777 pixelů.

Jas na vyšetřovacím zařízení (tablet Lenovo TAB2 A10-70) je nastaven na hodnotu 100 %, tak aby byl dobře čitelný i při nižším osvětlení místnosti. V případě pokud je tablet nastaven na jinou hodnotu jasu, aplikace se automaticky přepne na hodnotu 100 % před započítáním testu. Naprogramování jasu je v Android Studiu pro intenzitu jasu.

8 OVĚŘENÍ APLIKACE V PRAXI

Aplikaci jsem testovala na oční klinice ve FNO. Ověřovala jsem vizus u třiceti pacientů na tabletu (Lenovo Tab 2 A10-70). Tento tablet mi poskytlo oční oddělení k ověření funkčnosti a efektivity aplikace v klinické praxi. Aplikaci jsem testovala dva dny na oční klinice, kdy jsem spolupracovala se zdravotní sestrou při vyšetřování pacientů, včetně registrace a přihlášení vyšetřovaného pacienta. Před začátkem testování jsem se zdravotní sestrou prošla celou aplikaci a vysvětlila jsem jí princip použití aplikace na tabletu. Zdravotní sestra volila test podle dovednosti pacienta a hlavně podle věku pacienta. Někteří pacienti byli předškolního věku, proto tedy zdravotní sestra volila obrázkové optotypy nebo Pfügerovy háky, u pacientů školního věku volila čísla. Nejdříve byl proveden test na tabletu, viz obrázek 52, a poté zdravotní sestra ověřila vizus na optotypech, viz obrázek 53.

Vyšetřování pacienta probíhalo stejně jako na optotypech, pacient si nejdříve zakryl pravé oko a poté levé oko, viz obrázek 54. Po ukončení každého vyšetření jsme se zdravotní sestrou zapsaly výsledky a porovnávaly jsme je mezi sebou.



Obrázek 52 Vyšetření na tabletu



Obrázek 53 Vyšetření na optotypu



Obrázek 54 Vyšetřovaný pacient

Foto/video dokumentace z testování není v bakalářské práci rozsáhlá, jelikož většina pacientů neměla v osobních kartách písemný souhlas s pořizováním jakékoliv zmiňované dokumentace.

Do mé bakalářské práce jsem si vybrala jednoho pacienta, který měl tento souhlas, a tedy vyšetření je zdokumentováno viz obrázek 52, obrázek 53 a obrázek 54.

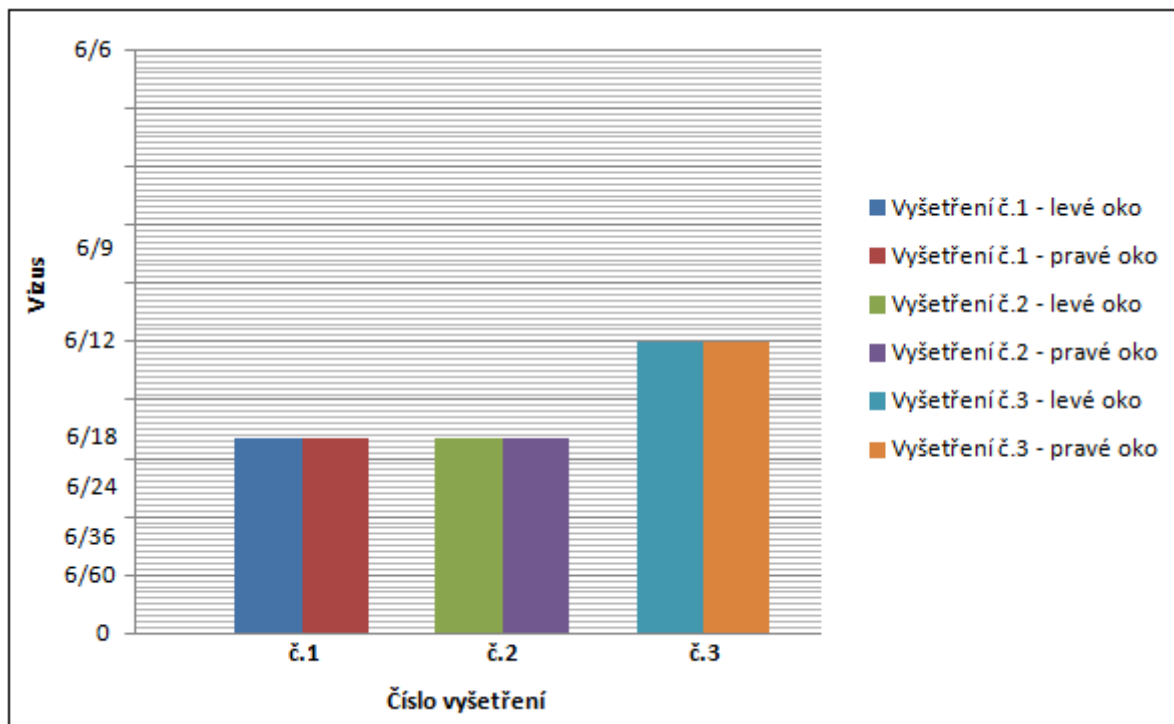
Výsledkem celkového testování aplikace je výstup třiceti pacientů. Výsledky jsem vypsala do přehledné tabulky 1. Tabulka obsahuje číslo pacienta, jméno pacienta, rok narození pacienta, typ absolvovaného cvičení a vizus pro levé a pravé oko.

Tabulka 1 Výsledky testů třiceti pacientů

číslo pacienta	jméno pacienta	rok narození	typ cvičení	levé oko	pravé oko
1	Jakub	2009	Plüger. háky	6/12	6/9
2	Martin	2011	Plüger. háky	6/6	6/6
3	Nela	2011	Plüger. háky	6/6	6/6
4	Matěj	2010	Obr. optotypy	6/9	6/6
5	Samuel	2011	Plüger. háky	6/12	6/9
6	Pavel	2011	Obr. optotypy	6/6	6/9
7	Anna	2012	Plüger. háky	6/12	6/9
8	Alena	2012	Plüger. háky	6/9	6/6
9	Tereza	2012	Plüger. háky	6/6	6/9
10	Alexandr	2008	Plüger. háky	6/9	6/18
11	Honza	2007	Čísla	6/6	6/6
12	Lydie	2008	Čísla	6/6	6/6
13	Tobias	2012	Plüger. háky	6/6	6/6
14	Jakub	2007	Obr. optotypy	6/9	6/6
15	Kristyan	2011	Čísla	6/6	6/6
16	Karolina	2010	Obr. optotypy	6/9	6/6
17	Adam	2011	Plüger. háky	6/9	6/12
18	Denisa	2010	Plüger. háky	6/6	6/6
19	Jarek	2006	Čísla	6/6	6/6
20	Eva	2008	Čísla	6/9	6/6
21	Honza	2008	Čísla	6/6	6/6
22	Vojtěch	2010	Čísla	6/6	6/6
23	Ondřej	2011	Plüger. háky	6/6	6/6
24	Michaela	2012	Plüger. háky	6/6	6/9
25	Daniel	2010	Plüger. háky	6/6	6/9
26	Marek	2009	Plüger. háky	6/6	6/6
27	Antonín	2010	Plüger. háky	6/6	6/6
28	Marek	2010	Plüger. háky	6/6	6/6
29	Jenifer	2012	Plüger. háky	6/6	6/6
30	Sára	2005	Plüger. háky	6/6	6/12

Všech třicet pacientů provedlo celý test úspěšně ihned na první pokus a hodnoty byly uloženy do databáze.

Graf znázorňuje jednoho pacienta z testovaných třiceti pacientů, kterého jsem si pro lepší orientaci nazvala pacient X. Graf je vyobrazen na obrázku 55. Jedná se o vyšetření ostroty zraku v čase. Pacient X docházel na pleoptická cvičení 12krát, zdravotní setra dělala vyšetření ostroty zraku při prvním, šestém a dvanáctém cvičení.



Obrázek 55 Grafické průběh vyšetření pacienta X v čase

Zdravotní setra mi poskytla výsledky již dříve provedených vyšetření na optotypech u pacienta X. Graf vyobrazuje v prvních dvou vyšetřeních výsledky pomocí optotypů a třetí vyšetření je provedeno na optotypech a aplikaci, kdy se výsledky vyšetření shodovaly.

9 ZÁVĚR

Prvních pět kapitol bylo věnováno rešerši a teoretické části. Pro pochopení základní problematiky byla rešerše zaměřena na přehled v současnosti na trhu dostupných optotypů, jejich technické specifikace a analýzu v současnosti dostupných mobilních aplikací zabývajících se touto problematikou. Teoretická část řešila problematiku vyšetření zraku u dětí a rozlišovací schopnosti oka s možností jeho nácviku a problematiku pleoptické léčby tupoizrakosti u dětí. Také byla práce zaměřena na jednotlivém vyšetření zraku, tedy vyšetření zraku na blízko i na dálku a na následná cvičení.

Další kapitoly byly věnovány praktické části. Nejdříve byl řešen teoretický návrh aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti u dětí (Pfügerovy háky, čísla a obrázkové optotypy), včetně všech nutných specifikací, které měla aplikace podle současných standardů a doporučení splňovat. Poté jsem se zaměřila na návrh a realizaci samotné aplikace. Dále byla práce zaměřena na návrh a realizaci elektronické databáze, která umožňovala uložení a statistické vyhodnocení výsledků jednotlivých vyšetření a cvičení v čase. Práce se také zaměřovala na návrh a realizaci uživatelsky přívětivého grafického uživatelského rozhraní aplikace pro vyšetření a hodnocení zrakové ostrosti a nácviku rozlišovací schopnosti, včetně možnosti tisku a statistického hodnocení jednotlivých olfamologických parametrů v čase.

Po dokončení praktické části byla aplikace testována na oční klinice ve FNO na třiceti pacientech. Na základě dosažených výsledků a zpětné vazby pacientů, popřípadě zdravotní setry, kteří s aplikací pracovali, jsem zhodnotila výsledky a zahrnula jsem je do práce. Při testování aplikace některé děti nespolupracovaly, proto se ověřování aplikace prodloužilo a některé výsledky mohly být zkresleny. Některým pacientům se na optotypech znaky špatně určovaly v řádcích, kvůli očním vadám (amblyopie). Tito pacienti mají problém se soustředit na jeden znak v řádku, který jim byl ukázán, proto mohl být výsledek zkreslen. Oproti optotypům aplikace zobrazovala na displeji jen jeden znak pro jednu úroveň vizusu a pacient, který měl problém určit znak na optotypu, byl při vyšetření pomocí aplikace klidnější, znak určil s mnohem rychlejší odezvou a přečetl i menší úroveň vizusu.

Na očních klinikách by se tato aplikace uplatnila jen tehdy, pokud by zdravotnický personál uměl obsluhovat zařízení (tablet) a byl jim řádně vysvětlen celkový chod a postup vyšetřování v aplikaci. V případě neodborného zacházení by se totiž mohlo stát, že špatným používáním aplikace by získal zdravotnický personál špatné nebo zkreslené výsledky.

Při testování aplikace jsem zjistila nevýhodu v možnosti testování jen jedné úrovně pro daný vizus. Pro zlepšení aplikace by proto bylo vhodnější, kdyby se tato aplikace rozšířila o několik úrovní (displej zobrazí více znaků pro jednu úroveň vizusu, tak jak je to na optotypu). Testování aplikace bylo úspěšné, ale pro klinickou praxi je vhodnější aplikaci doplnit o tyto úrovně. Testováním aplikace jsem přišla i na nevýhodu vyšetření zrakové ostrosti jen z jedné vzdálenosti, která je šest metrů, proto by bylo vhodné rozšířit aplikaci o vzdálenosti pět metrů a třicet pět centimetrů, aby si zdravotní setra mohla vybrat, na jakou vzdálenost bude pacienta vyšetřovat. A dále by bylo vhodné rozšířit aplikaci o další dva vyšetřovací testy: Landoltovy kruhy a písmena.

Aplikaci jsem realizovala podle zadané specifikace a testování odhalilo jak klady, tak i nedostatky elektronického vyšetřování. Proto by se mělo ve vývoji aplikace dále pokračovat

a o uvedené nedostatky by měla být aplikace rozšířena. Vytvoření aplikace byl složitý a zdlouhavý proces. Z již známého typu zařízení a zjištěnými nedostatky v rámci testování by mohla diplomová práce navázat na bakalářskou práci a tudíž by se dalo vyjít ze stávajícího naprogramovaného základu.

LITERATURA

- [1] prof. Ing. Jiří HABEL, DrSc. Základy světelné techniky: Zrak a vidění. *Světlo* [online]. 2008, (6): 52-55 [cit. 2015-06-10]. DOI: Světlo. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/38297.pdf>
- [2] ANSTICE, Nicola S a Benjamin THOMPSON. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update. *Clinical and Experimental Optometry*. 2014, **97**(1): 3-11. DOI: 10.1111/cxo.12086. ISSN 08164622. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/cxo.12086>
- [3] AKINCI, Arsen, Ozgur ONER, Ozlem Hekim BOZKURT, Alev GUVEN, Aydan DEGERLIYURT a Kerim MUNIR. Refractive errors and ocular findings in children with intellectual disability: A controlled study. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. 2008, **12**(5): 477-481. DOI: 10.1016/j.jaapos.2008.04.009. ISSN 10918531. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1091853108001559>
- [4] Dětské oční centrum Kukátko: Instrukce pro rodiče před vyšetřením [online]. [cit. 2015-06-21]. Dostupné z: <http://www.detskeoci.cz/jak-probiha-vysetreni/instrukce-pro-rodice-pred-vysetrenim/>
- [5] PUČÁLKOVÁ, Tereza. Měření zrakové ostrosti pomocí aplikace VizMeter [online]. 2014 [cit. 2015-06-21]. Bakalářská práce. PALACKÝ UNIVERSITY IN OLOMOUC, Faculty of Science. Vedoucí práce Jaroslav Wagner. Dostupné z: <http://theses.cz/id/ubtsqg/>
- [6] PERERA, C, R CHAKRABARTI, F M A ISLAM a J CROWSTON. The Eye Phone Study: reliability and accuracy of assessing Snellen visual acuity using smartphone technology. *Eye*. 2015, **29**(7): 888-894. DOI: 10.1038/eye.2015.60. ISSN 0950-222x. Dostupné také z: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/eye.2015.60>
- [7] KEBLOVÁ, Alena. *Zrakově postižené dítě*. 1. vyd. Praha: Septima, 2001, 67 s. ISBN 80-7216-191-1.
- [8] RUTRLE, Miloš. *Přístrojová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometry a oftalmology*. Vyd. 1. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 2000, 189 s. ISBN 80-7013-301-5.
- [9] POLÁŠEK, Jaroslav a J BALÍK. *Technický sborník oční optiky*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1975, 579 s.
- [10] ANTON, Milan. *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Vyd. 3., přeprac. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004, 96 s. ISBN 80-7013-402-x.
- [11] TUNNACLIFFE, Alan H. *Introduction to visual optics*. 4th ed. Godmersham Park: Association of British Dispensing Opticians, 1993, vii, 603 s. ISBN 978-0-90009-928-1.
- [12] HROMÁDKOVÁ, Lada. Šilhání. 1. vyd. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1991, 118 s. Učební texty (Institut pro další vzdělávání středních zdravotnických pracovníků). ISBN 80-7013-102-0.

- [13] DIVIŠOVÁ, Gabriela. Strabismus. Praha: Avicenum, 1990. ISBN 80-201-0037-7.
- [14] Oční centrum [online]. [cit. 2016-01-01]. Dostupné z: <http://www.ocniambulance.eu/silhani-a-tupozrakost.html>
- [15] Lékaři-online.cz [online]. [cit. 2016-01-01]. Dostupné z: <http://www.lekari-online.cz/ocni-lekarstvi/zakroky/pleopticka-eviceni>

ZDROJE ILUSTRACÍ

- [A] Wikiskripta.eu [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/60/Hypermetropia.png>
- [B] Wikiskripta.eu [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Myopia.png>
- [C] CZC.cz [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://img2.czc.cz/4lnpvreuh6j619vsd2s5dbb2m9_7/obrazek
- [D] Onlineomalovanky.cz [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.onlineomalovanky.cz/>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha na CD/DVD – Zdrojový kód aplikace vytvořený v Android Studiu